

الضيياء

كتاب الشرح



تطبيق
الاعلم للتعلم

3 الصف
الثنوي

الامتحان[®]

2023

محتويات الكتاب

- أساسيات رياضية هامة
- خطوات استخدام الآلة الحاسبة لحل معادلات من الدرجة الأولى في ثلاثة محاجيل
- الكميات الفيزيائية الواردة بالمنهج ورموزها ووحدات قياسها

الكهربية التيارية والكهرومغناطيسية

التيار الكهربى وقانون أوم وقانونا كيرشوف

- التيار الكهربى وقانون أوم
- توصيل المقاومات
- قانون أوم للدائرة المغلقة
- قانونا كيرشوف

- الدرس الأول
- الدرس الثانى
- الدرس الثالث
- الدرس الرابع

التأثير المغناطيسى للتيار الكهربى وأجهزة القياس الكهربى

- التأثير المغناطيسى للتيار الكهربى
- تابع التأثير المغناطيسى للتيار الكهربى
- القوة المغناطيسية • عزوم الازدواج
- أجهزة القياس الكهربى

- الدرس الأول
- الدرس الثانى
- الدرس الثالث
- الدرس الرابع

الحث الكهرومغناطيسى

- قانون فارادى
- القوة الدافعة الكهربائية المستحثة
- المتولدة فى سلك مستقيم

- الحث المتبادل بين ملفين
- الحث الذاتى لملف

- المتولد الكهربى
- المحول الكهربى
- المحرك الكهربى

- الدرس الأول
- الدرس الثانى
- الدرس الثالث
- الدرس الرابع

دوائر التيار المتردد

- دوائر التيار المتردد

- تابع دوائر التيار المتردد

- دائرة الرنين
- الدائرة المهتزة

- الدرس الأول
- الدرس الثانى
- الدرس الثالث

الوحدة الأولى



الفصل
1



الفصل
2



الفصل
3



الفصل
4

الوحدة الثانية

مقدمة في الفيزياء الحديثة

ازدواجية الموجة والجسيم

- | | |
|---|--------------|
| • إشعاع الجسم الأسود. | الدرس الأول |
| • الانبعاث الحراري والتأثير الكهروضوئي. | |
| • ظاهرة كومبتون. | الدرس الثاني |
| • الطبيعة الموجية للجسيم. | |
| • المحصر الإلكتروني. | |



الفصل
5

الأطياف الذرية.



الفصل
6

النموذج



الفصل
7

الإلكترونيات الحديثة.

- | | |
|------------------------------------|--------------|
| • بلورة شبه الموصل. | الدرس الأول |
| • الوصلة الثنائية. | |
| • الترانزستور. | الدرس الثاني |
| • الإلكترونيات التناظرية والرقمية. | |



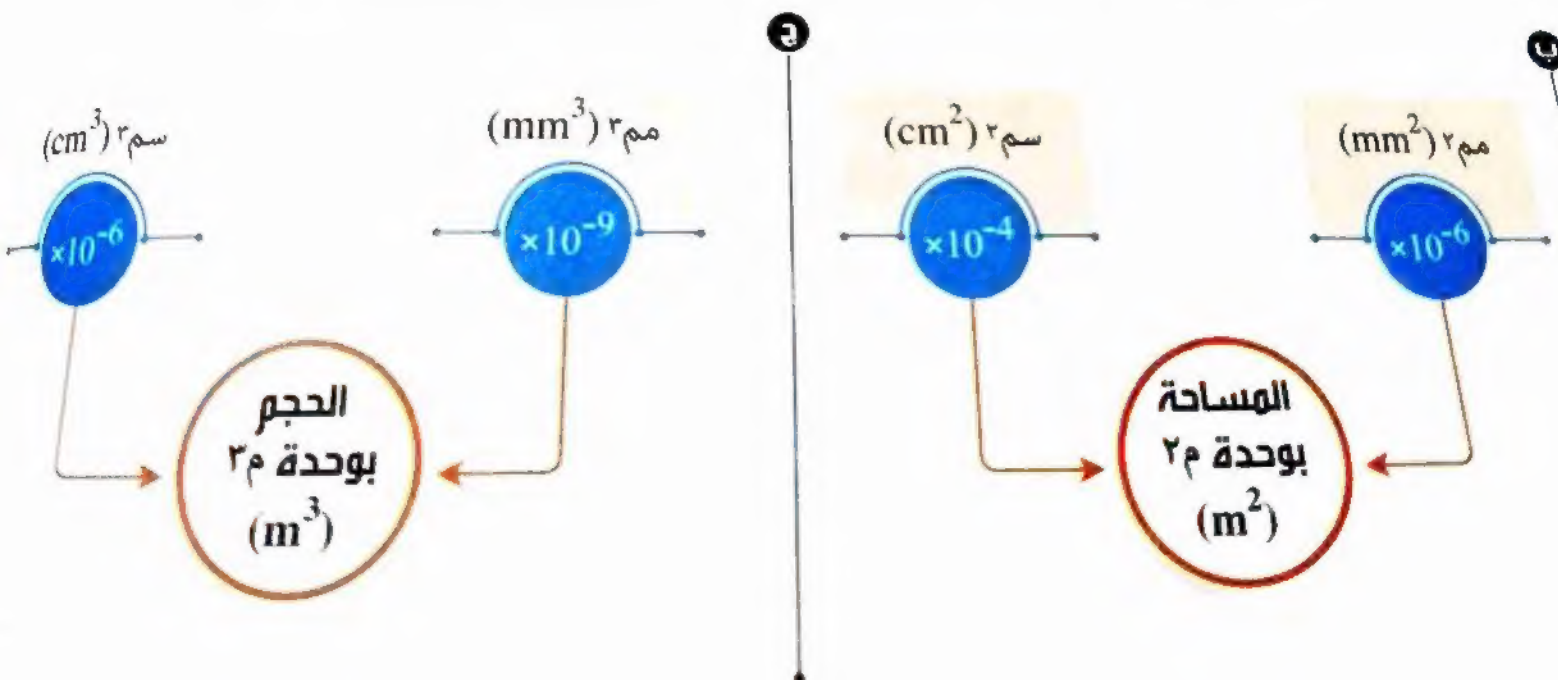
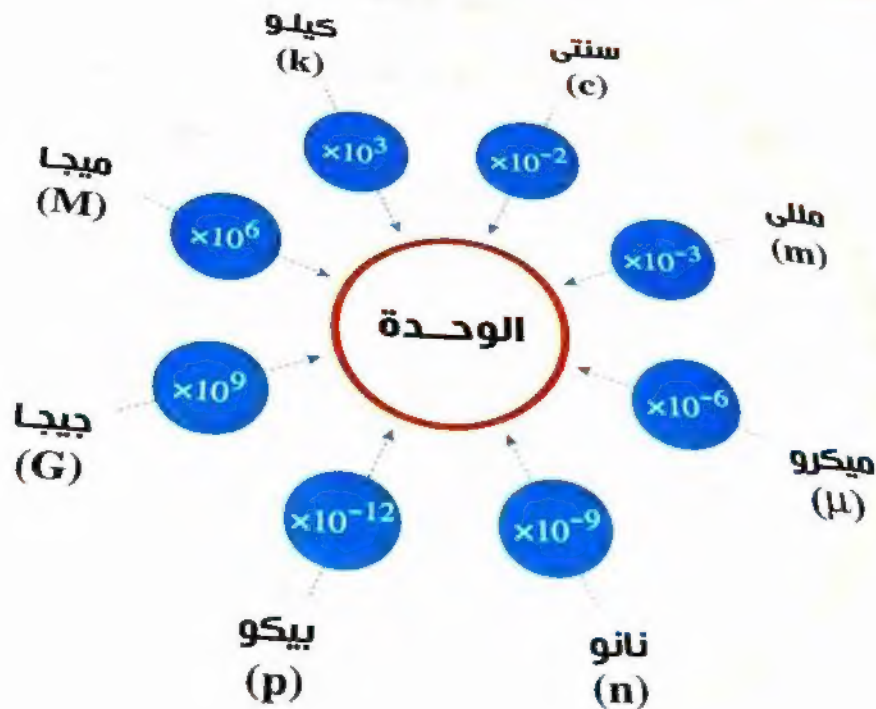
الفصل
8

إجابات أسئلة اختبار نفسك



اساسيات رياضية هامة

تحويل الكسور والمضاعفات إلى الوحدات العملية



خطوات استخدام الآلة الحاسبة لحل معادلات من الدرجة الأولى في ثلاثة مجاهيل



١ نضغط زر **MODE** فتظهر لنا الشاشة المقابلة.



٢ نضغط الرقم الدال على **EQN** لاختيار صيغة المعادلات فتظهر لنا الشاشة المقابلة بحيث يدل رقم الاختيار على صيغة المعادلات كالتالي :

- 1 معادلة من الدرجة الأولى في مجهولين.
- 2 معادلة من الدرجة الأولى في ثلاثة مجاهيل.
- 3 معادلة من الدرجة الثانية في مجهول واحد.
- 4 معادلة من الدرجة الثالثة في مجهول واحد.



٣ نضغط رقم 2 لاختيار صيغة المعادلات من الدرجة الأولى في ثلاثة مجاهيل فتظهر لنا الشاشة المقابلة. نقوم بإدخال المعاملات الخاصة بكل مجهول على حدة بحيث نكتب من المعادلة الأولى قيمة a ثم نضغط = ثم قيمة b ونضغط = وكذلك بالنسبة لـ c ، d فتظهر لنا تلك البيانات بالتتابع في السطر الأول على الشاشة المقابلة.

٤ نطبق الخطوة السابقة على المعادلتين الثانية والثالثة لإدخال باقي المعاملات.

٥ لنحصل على قيم المجاهيل الثلاثة بعد إدخال جميع المعاملات نضغط = فتظهر لنا على الشاشة قيمة X وبالمثل نضغط = فتظهر لنا قيمة Y وكذلك بالنسبة لـ Z

الكميات الفيزيائية الواردة بالملصق ورموزها ووحدات قياسها

وحدة القياس، وبعض الوحدات المكافئة لها		الرمز	الكمية الفيزيائية
$J = \text{Watt.s}$ $= V.C$	جول = وات. ثانية = فولت. كولوم	W	العمل المبذول
$C = J.V^{-1}$ $= A.s$ $= V.s. \Omega^{-1}$	كولوم = جول. فولت ⁻¹ = أمبير. ثانية = فولت. ثانية. أوم ⁻¹	Q	كمية الكهرباء (الشحنة الكهربائية)
$A = C.s^{-1}$ $= V. \Omega^{-1}$	أمبير = كولوم. ثانية ⁻¹ = فولت. أوم ⁻¹	I	شدة التيار الكهربى
$V = J.C^{-1}$ $= A. \Omega$	فولت = جول. كولوم ⁻¹ = أمبير. أوم	V	فروق الجهد
$\Omega = V.A^{-1}$	أوم = فولت. أمبير ⁻¹	R	المقاومة الكهربائية لموصل
m	متر	l	طول سلك أو طول ملف حلزوني
m^2	m^2	A	مساحة وجه الملف
$\Omega.m$ $= V.A^{-1}.m$	أوم.م = فولت. أمبير ⁻¹ .م	ρ_e	المقاومة النوعية
$\Omega^{-1}.m^{-1}$ $= V^{-1}.A.m^{-1}$	أوم ⁻¹ .م ⁻¹ = فولت ⁻¹ . أمبير.م ⁻¹	σ «سيجما»	التوصيلية الكهربائية
V	فولت	V_B	القوة الدافعة الكهربائية لبطارية
Ω	أوم	r	المقاومة الداخلية لبطارية
Weber = N.m/A $= V.s = T.m^2$	وبر = نيوتن.م/أمبير = فولت. ثانية = تسلا.م ²	ϕ_m	الفيض المغناطيسى
Tesla = N/A.m $= \text{Weber}/m^2 = V.s.m^{-2}$	تسلا = نيوتن / أمبير.م وبر/م ² = فولت. ثانية.م ⁻²	B	كثافة الفيض المغناطيسى

الكمية الفيزيائية الرمز وحدة القياس، وبعض الوحدات المكافئة لها

Weber/A.m = T.m/A	وير/أمبير.متر = تسلا.م/أمبير	μ «ميو»	معامل النفاذية المغناطيسية
turn	لفة	N	عدد لفات ملف دائري أو حلزوني
turn/m	لفة/متر	n	عدد لفات ملف حلزوني لوحدة الأطوال
$N = \text{kg.m/s}^2$	نيوتن = كجم.م/ثانية ²	F	القوة المغناطيسية
$N.m = \text{kg.m}^2/\text{s}^2$	نيوتن.متر = كجم.م ² /ثانية ²	τ «تاو»	عزم الازدواج المغناطيسي
$N.m/T$ = $\text{kg.m}^2/\text{s}^2.T$ = $A.m^2$	نيوتن.متر/تسلا = كجم.م ² /ثانية ² .تسلا = أمبير.م ²	$ \vec{m}_d $	عزم ثنائي القطب المغناطيسي
Ω	أوم	R_s	مقاومة مجزئ التيار
Ω	أوم	R_m	مقاومة مضاعف الجهد
V	فولت	emf	القوة الدافعة الكهربائية المستحثة اللحظية
$H = \text{Weber/A}$ = $T.m^2/A$ = $V.s/A$ = $\Omega.s$	هنري = وبر/أمبير = تسلا.متر ² /أمبير = فولت.ثانية/أمبير = أوم.ثانية	M	معامل الحث المتبادل بين ملفين
		L	معامل الحث الذاتي للملف
rad/s	راديان/ثانية	ω «أوميغا»	السرعة الزاوية
$\text{Hz} = \text{s}^{-1}$	هيرتز = ثانية ⁻¹	f	التردد (عدد دورات الملف في الثانية)
V	فولت	$(\text{emf})_{\text{eff}}$	القوة الدافعة الكهربائية الفعالة
A	أمبير	I_{eff}	القيمة الفعالة للتيار المتردد
—	—	η	كفاءة المحول الكهربى
Ω	أوم	X_L	المفاعلة الحثية للملف
$F = C/V$	فاراد = كولوم/فولت	C	سعة المكثف
Ω	أوم	X_C	المفاعلة السعوية لمكثف
Ω	أوم	Z	المعاوقة

وحدة القياس، وبعض الوحدات المكافئة لها

الرمز	الكمية الفيزيائية
λ_m	الطول الموجي عند أقصى شدة إشعاع
E	طاقة الفوتون
ν_c	التردد الحرج
E_w	دالة الشغل لسطح
m_e	كتلة الإلكترون
e	شحنة الإلكترون
ϕ_L	معدل سقوط الفوتونات
h	ثابت بلانك
P_L	كمية الحركة الخطية
F	القوة المؤثرة من حزمة فوتونات
P_w	القدرة
n	تركيز الإلكترونات الحرة
p	تركيز الفجوات
N_D^+	تركيز أيونات الشوائب المعطية
N_A^-	تركيز أيونات الشوائب المستقبلة
α_e	نسبة التوزيع
β_e	نسبة تكبير الترانزستور
I_E	تيار الباعث
I_C	تيار المجمع
I_B	تيار القاعدة

الوحدة الأساسية
الكهربائية
والكهرومغناطيسية

الفد

m	متر
J	جول
$Hz = s^{-1}$	هيرتز = ثانية ⁻¹
J	جول
kg	كجم
C	كولوم
$photon/s$	فوتون/ثانية
$J \cdot s$ $= kg \cdot m^2 \cdot s^{-1}$	جول. ثانية = كجم. م ² . ثانية ⁻¹
$kg \cdot m/s$	كجم. م/ثانية
N	نيوتن
$Watt = J \cdot s^{-1}$ $= A^2 \cdot \Omega$ $= V \cdot A$ $= V^2 / \Omega$	وات = جول. ثانية ⁻¹ = أمبير ² . أوم = فولت. أمبير = فولت ² / أوم
cm^{-3}	سم ⁻³
cm^{-3}	سم ⁻³
cm^{-3}	سم ⁻³
cm^{-3}	سم ⁻³
—	—
—	—
A	أمبير
A	أمبير
A	أمبير

الوحدة الأولى
الكهربائية الثابتة
والكهرومغناطيسية

الفصل

1

الكهربائية الثابتة وقانون أوم وقانون كيرشوف

أ. د. محمد بن عبد الله

أ. د. محمد بن عبد الله

أ. د. محمد بن عبد الله

أ. د. محمد بن عبد الله



2022/07/19 17:06

التيار الكهربى وقانون أوم

الفصل 1

الحرس الاول

اولا

* لم تص

الشحن

التيار ال

فيض

ي

2022/07/19 17:06

في هذا الدرس سوف نتعرف :

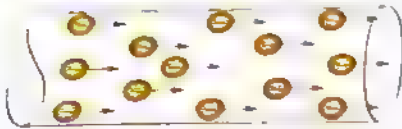
- التيار الكهربى.
- المقاومة الكهربائية.
- الطاقة الكهربائية والقدرة الكهربائية.
- فرق الجهد الكهربى.
- قانون أوم.
- حساب المقاومة الكهربائية لموصل.

مفاهيم أساسية فى الكهرباء

أولاً التيار الكهربى

* لم تصبح الكهرباء جزءاً أساسياً من حياتنا اليومية إلا عندما توصل العلماء إلى كيفية التحكم فى حركة الشحنات الكهربائية الحرة خلال المواد والتي تعتبر حركتها تياراً كهربياً.

التيار الكهربى



فيض من الشحنات الكهربائية تسرى خلال الموصلات.

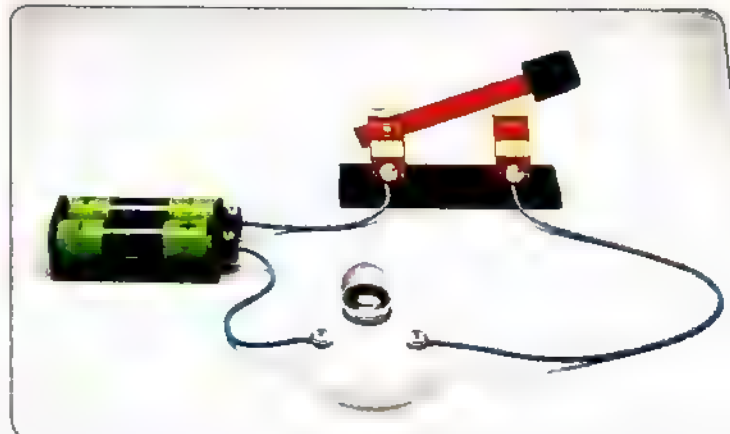
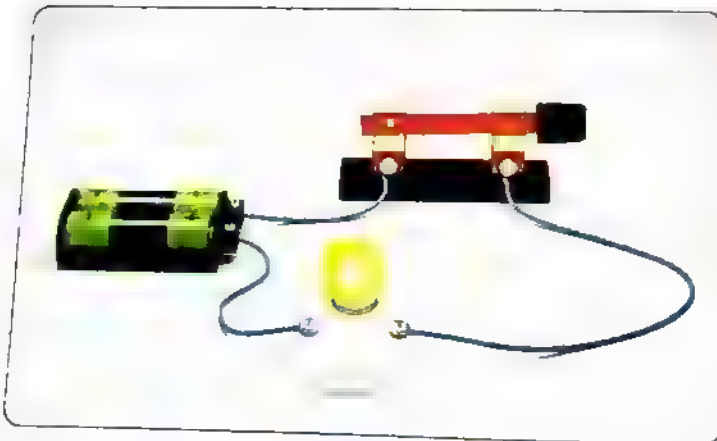
* يمكن تقسيم المواد الصلبة من حيث قدرتها على التوصيل الكهربى إلى :

مواد عازلة	أشباه موصلات	مواد موصلة
لا تحتوى على وفرة من الإلكترونات الحرة وتوصيليتها الكهربائية منخفضة ولا تسمح بمرور التيار الكهربى	مواد توصيليتها الكهربائية وسط بين الموصلات والعازلات	تحتوى على وفرة من الإلكترونات الحرة وتوصيليتها الكهربائية مرتفعة وتسمح بمرور التيار الكهربى
أمثلة		
- اللافلزات مثل الكبريت. - الخشب. - المطاط.	- السيليكون. - الجرمانيوم.	- الفلزات مثل النحاس.

معلومة إثرائية

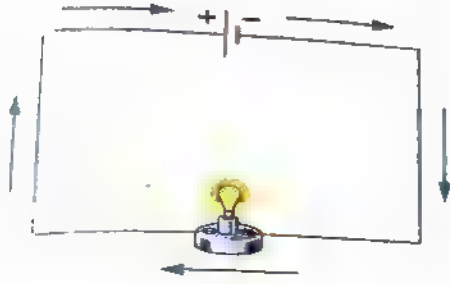
تتكون ذرات الموصلات من نواة يدور حولها عدد كبير من الإلكترونات وتكون الإلكترونات الخارجية ضعيفة الارتباط بالنواة ويمكن أن تفقدها الذرة إذا اكتسبت طاقة إضافية ويطلق عليها الإلكترونات الحرة وتحتوى قطعة من موصل على ملايين الإلكترونات الحرة التى تتحرك بحرية داخل الموصل مما يجعله جيد التوصيل للكهرباء.

* يلزم لمرور تيار كهربى وجود مصدر كهربى (بطارية) متصل بدائرة كهربية مغلقة.



الاتجاه الفعلي للتيار

بعد اكتشاف الإلكترونات تعرف العلماء أن التيار الكهربى فى الموصلات المعدنية ينتج عن حركة الإلكترونات وتبعاً لذلك يكون اتجاه التيار من القطب السالب إلى القطب الموجب خارج المصدر الكهربى ويسمى ذلك بالاتجاه الفعلى للتيار



الاتجاه التقليدى للتيار

أفهم من العلماء قديماً أن التيار الكهربى ينتج عن حركة الشحنات الموجبة وتبعاً لذلك اصطلح العلماء على أن اتجاه التيار فى الدائرة الكهربية يكون من القطب الموجب إلى القطب السالب (خارج البطارية) ويطلق على ذلك الاتجاه التقليدى (الاصطلاحى) للتيار (وهو الاتجاه المستخدم فى دراستنا لهذا المنهج)



نظراً لأن اكتشاف التيار الكهربى وقوانينه سبق اكتشاف سببه الحقيقى فقد استمر الاصطلاح على اعتبار اتجاه التيار الكهربى على أنه اتجاه حركة الشحنات الموجبة وهذا لا يؤثر على أى قواعد أو قوانين خاصة بالتيار الكهربى.

شدة التيار الكهربى (I)

* تقدر بكمية الشحنة الكهربية المارة خلال مقطع من موصل فى زمن قدره 1 s

* تعين شدة التيار الكهربى من العلاقة :

حيث : (Q) كمية الشحنة الكهربية وتقاس بوحدة الكولوم (C)،

(t) الزمن ويقاس بوحدة الثانية (s).

$$I = \frac{Q}{t}$$

$$I = \frac{Q}{t} \Rightarrow A (\text{أمبير}) = \frac{C (\text{كولوم})}{s (\text{ثانية})}$$

تقاس شدة التيار الكهربى بوحدة الأمبير (A) وتكافئ كولوم/ثانية (C/s)

* مما سبق يمكن تعريف الأمبير والكولوم كما يلى :

الأمبير

شدة التيار الناتج عن سريان كمية من الشحنة الكهربية مقدارها 1 كولوم خلال مقطع من موصل فى زمن قدره 1 ثانية.

الكولوم

مقدار الشحنة الكهربية المارة خلال مقطع من موصل فى زمن قدره 1 ثانية عندما يمر به تيار كهربى شدته 1 أمبير.



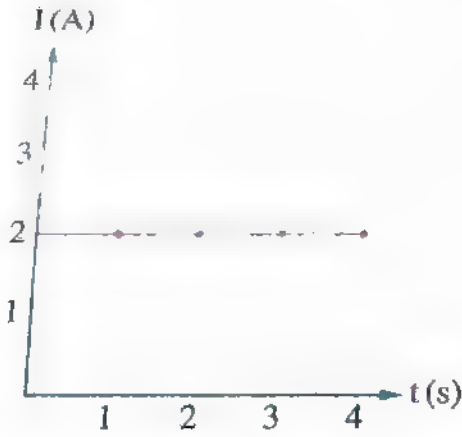
* تقاس شدة التيار الكهربى المار فى دائرة كهربية بجهاز الاميتر ويرمز له فى الدائرة الكهربية بالرمز (A) ويوصل على التوالى فى الدائرة الكهربية كما بالشكل.

* إذا مرت كمية من الشحنة الكهربية Q خلال مقطع من موصل فى زمن t فإن تياراً شدته I يمر فى الموصل. وبين الجدولان التاليان مثالاً لقيم I ، Q مع الزمن (t) :

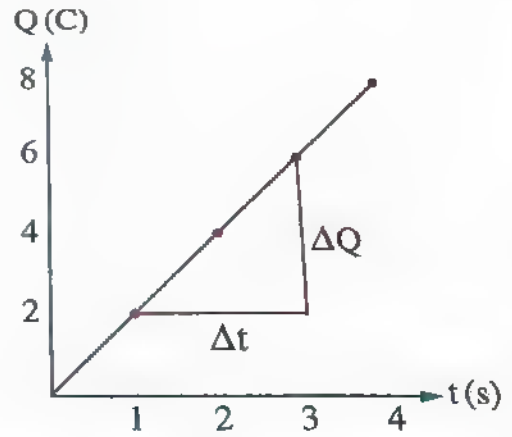
I (A)	2	2	2	2
t (s)	1	2	3	4

Q (C)	2	4	6	8
t (s)	1	2	3	4

من الجدولين السابقين يمكن رسم الخط البياني لكل منهما



التيار المار فى الموصل فى هذه الحالة لا تتغير شدته بمرور الزمن وهو ما يطلق عليه تيار مستمر.



بتعيين ميل الخط المستقيم نحصل على شدة التيار المار فى الموصل :

$$\text{slope} = I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{6-2}{3-1} = 2 \text{ A}$$

مثال

احسب شدة التيار الكهربى المار فى موصل والناتج عن مرور كمية من الشحنة الكهربية مقدارها 15 C خلال مقطع من الموصل فى زمن قدره 3 s

الحل

$$Q = 15 \text{ C} \quad t = 3 \text{ s} \quad I = ?$$

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{15}{3} = 5 \text{ A}$$

1
يمكن حساب عدد الإلكترونات (N) المارة عبر مقطع معين من موصل من العلاقة $N = \frac{Q}{e}$
حيث (e) شحنة الإلكترون وتساوي $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$

مثال
كم عدد الإلكترونات التي تمر عبر مقطع ما من موصل في زمن قدره 1 s إذا كانت شدة التيار المار في الموصل 20 A وشحنة الإلكترون $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ؟

$t = 1 \text{ s}$ $I = 20 \text{ A}$ $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ $N = ?$

$I = \frac{Q}{t}$ $Q = It = 20 \times 1 = 20 \text{ C}$

$N = \frac{Q}{e} = \frac{20}{1.6 \times 10^{-19}} = 1.25 \times 10^{20} \text{ electrons}$

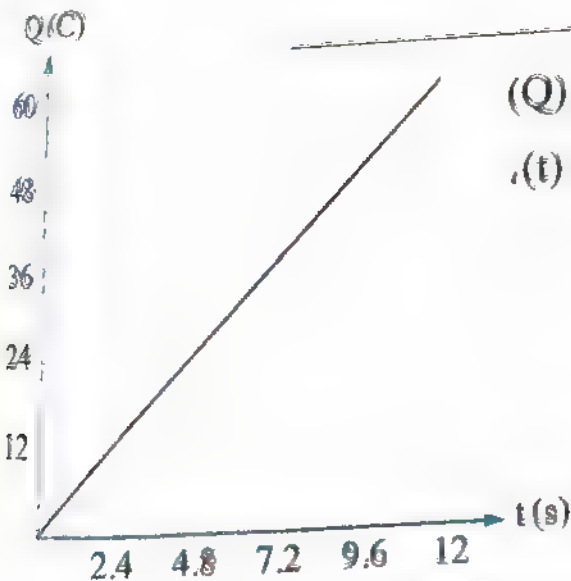
1 اختبار نفسك

اختر البجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :



الشكل المقابل يمثل جزء من موصل غير منتظم المقطع يمر به تيار كهربى مستمر، فإن كمية الشحنة الكهربائية التي تمر خلال المقطع B خلال زمن معين

- أقل من كمية الشحنة التي تمر خلال المقطع A فى نفس الزمن
- أكبر من كمية الشحنة التي تمر خلال المقطع A فى نفس الزمن
- تساوى كمية الشحنة التي تمر خلال المقطع A فى نفس الزمن
- لا يمكن تحديد الإجابة



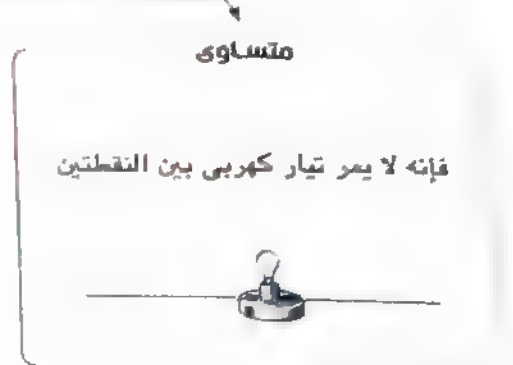
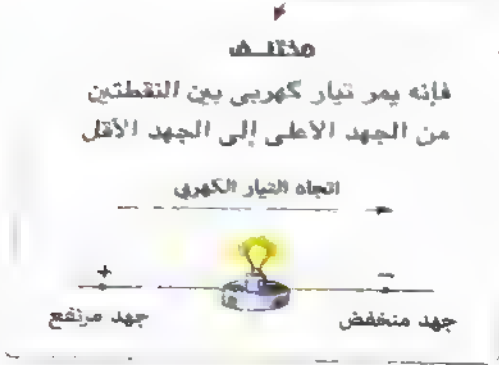
2 الشكل البياني المقابل يمثل العلاقة بين كمية الشحنة الكهربائية (Q) المارة عبر مقطع من موصل فى دائرة تيار مستمر والزمن (t)، فتكون شدة التيار المار فى الموصل هى

- 0.2 A
- 3 A
- 4 A
- 5 A

ثالثاً فرق الجهد الكهربى

* الجهد الكهربى عند نقطة هو الحالة الكهربائية التى يحدد اتجاه انتقال الشحنة من النقطة أو إليها حيث تتجه الشحنة الموجبة من النقطة ذات الجهد الكهربى الأعلى إلى النقطة ذات الجهد الكهربى الأقل

* عندما يكون جهد نقطتين فى موصل =



فرق الجهد الكهربى بين نقطتين

مقدار الشغل المبذول لنقل كمية من الشحنة الكهربائية مقدارها 1 كولوم بين النقطتين.

* يتعين فرق الجهد الكهربى (V) من العلاقة :

حيث : (W) الشغل المبذول ويقاس بوحدة الجول (J)،

(Q) كمية الشحنة الكهربائية وتقاس بوحدة الكولوم (C)

$$V = \frac{W}{Q}$$

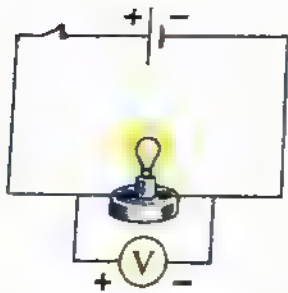
$$V = \frac{W}{Q} \Rightarrow V \text{ (فولت)} = \frac{J \text{ (جول)}}{C \text{ (كولوم)}}$$

يقاس فرق الجهد الكهربى بوحدة الفولت (V) وتكافئ جول/كولوم (J/C)

* مما سبق يمكن تعريف الفولت كما يلى :

الفولت

فرق الجهد بين نقطتين عندما يلزم بذل شغل مقداره 1 جول لنقل كمية من الشحنة الكهربائية مقدارها 1 كولوم بين هاتين النقطتين.



* يقاس فرق الجهد الكهربى بجهاز الفولتميتر ويرمز له فى الدائرة الكهربائية

بالرمز (V) ويوصل على التوازي بين النقطتين المراد قياس فرق الجهد بينهما

فى الدائرة الكهربائية كما بالشكل.

أولاً نذكر أن العمل المبذول لتغلب كمية من الشحنة الكهربائية مقدارها 5 C بين طرفي موصل يساوي 20 J .

$$Q = 5\text{ C} \quad W = 20\text{ J} \quad V = ?$$

$$V = \frac{W}{Q} = \frac{20}{5} = 4\text{ V}$$

2) اختبار نفسك

؟ لتنا الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :



ملاحظات

* يطلق على الشغل المبذول لنقل شحنة كهربائية مقدارها 1 C في الدائرة الكهربائية كلها للمصدر الكهربائي (V_R) وتقاس بوحدة الفولت (V).

* يقوم المصدر الكهربائي ببذل شغل لتحريك الإلكترونات الحرة الموجودة بالفعل في موصلات الدائرة الكهربائية.

* يغير الجهد الكهربائي للنقطة المتصلة بالأرض = صفر ويرمز لها كما بالشكل المقابل.



تأثير المقاومة الكهربائية

* أثناء مرور تيار كهربائي في موصل فإن هذا التيار يواجه معارضة أو مقاومة لمروره ناتجة عن تصادم إلكترونات التيار الكهربائي مع جزيئات الموصل ويطلق على هذه المعارضة المقاومة الكهربائية (R).
الممانعة التي يلقاها التيار الكهربائي أثناء مروره في موصل.

يساوي (20)

$$Q = 5 \text{ C}$$

$$v = \frac{w}{Q}$$

مستطيل

$$b, a$$

$$0 \text{ V}$$

الوابع المقاومة

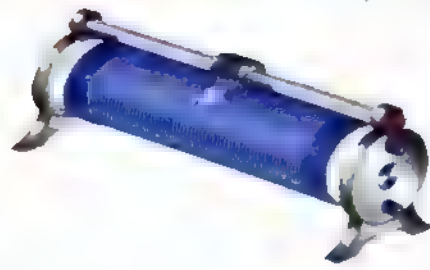
المقاومة المتغيرة (الريوستات)

المقاومة الثابتة

يرمز لها في الدائرة الكهربائية بالرمز



الشكل في الواقع



رابعاً قانون أوم

* تستخدم الدائرة الموضحة بالشكل لإيجاد العلاقة بين فرق الجهد (V) بين طرفي المقاومة (R) وشدة التيار المار فيها (I) :

١ نقوم بتغيير فرق الجهد بين طرفي المقاومة (R) من خلال تغيير قيمة الجزء المأخوذ من الريوستات فنلاحظ تغير شدة التيار المار بالدائرة.

٢ نرسم العلاقة البيانية بين (V) على المحور الرأسى و (I) على المحور الأفقى، فنجد أنها تمثل بخط مستقيم يمر بنقطة الأصل ميله مقدار ثابت يعبر عن قيمة المقاومة الكهربائية (R).

$$\text{slope} = \frac{\Delta V}{\Delta I} = R$$

أولاً شدة التيار المار فى المقاومة تتناسب طردياً مع فرق الجهد الكهربى بين طرفيها عند ثبوت درجة الحرارة، وهو ما يعرف بقانون أوم

$$\therefore V = IR$$

1

قانون أوم

عند ثبوت درجة حرارة موصل فإن شدة التيار المار في الموصل تتناسب طردياً مع فرق الجهد بين طرفيه.
 من قانون أوم يمكن تعريف المقاومة الكهربائية لموصل كما يلي :
 المقاومة الكهربائية لموصل
 خارج قسمة فرق الجهد بين طرفي الموصل وشدة التيار المار فيه.
 تقاس المقاومة الكهربائية بوحدة الأوم (Ω) وتكافئ فولت/أمبير (V/A).
 الأوم

مقاومة موصل يسمح بمرور تيار شدته 1 A عندما يكون فرق الجهد بين طرفيه 1 V

ملاحظات

يمكن حساب مقاومة موصل بدلالة كل من فرق الجهد بين طرفيه وشدة التيار المار فيه إلا أن مقاومة الموصل لا تعتمد على أي منهما حيث إنها تعتمد على طبيعة وأبعاد الموصل عند درجة حرارة معينة.
 يؤدي ارتفاع درجة حرارة الفلز إلى زيادة مقاومته الكهربائية،
 لأن ارتفاع درجة حرارة الفلز يعمل على زيادة سعة وسرعة اهتزاز ذراته وبالتالي زيادة معدل تصادم الإلكترونات التيار الكهربى مع ذرات الفلز فتزداد الممانعة لسريان الإلكترونات خلاله فتزداد مقاومته الكهربائية.

يوجد نوعان من المقاومات الكهربائية :

- 1- مقاومة أومية، تتغير فيها شدة التيار المار في المقاومة بانتظام مع تغير فرق الجهد بين طرفيها تبعاً لقانون أوم.
- 2- مقاومة غير أومية، لا تتبع قانون أوم.

توجد ممانعة لمرور الشحنات داخل البطارية أو العمود الكهربى تسمى **المقاومة الداخلية للبطارية** (r).

مثال

موصل كهربى تمر خلال مقطع منه كمية من الشحنة الكهربائية مقدارها 3.6 C خلال دقيقة، إذا كان فرق الجهد بين طرفيه 300 V، احسب مقاومته.

الحل

$$Q = 3.6 \text{ C} \quad t = 60 \text{ s} \quad V = 300 \text{ V} \quad R = ?$$

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{3.6}{60} = 0.06 \text{ A}$$

$$R = \frac{V}{I} = \frac{300}{0.06} = 5000 \Omega$$

3 اختبر نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

سلك يمر خلال مقطع منه 2×10^{10} إلكترون خلال الثانية الواحدة عندما يكون فرق الجهد بين طرفيه 64 V، فإن مقاومة السلك تساوى

(علماً بأن $e = 1.6 \times 10^{-19} C$)

(د) 20 Ω

(ج) 15 Ω

(ب) 10 Ω

(أ) 5 Ω

خامساً الطاقة الكهربائية والقدره الكهربيه

القدرة الكهربيه (P_w)

الطاقة الكهربيه المستهلكه
خلال ثانيه واحده

$$P_w = \frac{W}{t} = \frac{VQ}{t} = VI$$

$$= I^2 R = \frac{V^2}{R}$$

الوات وتكافئ جول/ثانيه

الطاقة الكهربيه (W)

الشغل المبذول بواسطه الشحنات الكهربيه والذي
يتحول إلى صور أخرى من الطاقة فى الدائره الكهربيه

$$W = P_w t = VQ = VI t$$

$$= I^2 R t = \frac{V^2 t}{R}$$

الجول وتكافئ فولت . كولوم

العلاقه الرياضيه

وحده القياس

مما سبق نستنتج أن :

القدرة الكهربيه المستهلكه فى موصل تزداد بزيادة شدة التيار المار فى الموصل.

لأن القدرة الكهربيه المستهلكه فى موصل تتناسب طردياً مع مربع شدة التيار المار فى الموصل عند ثبوت مقاومته
تبعاً للعلاقه ($P_w = I^2 R$).

مثال

إذا كان فرق الجهد بين طرفى مصباح كهربى 75 V وشدة التيار المار خلاله 1.5 A، احسب القدرة الكهربيه
للمصباح والطاقة الكهربيه المستهلكه عند تشغيله لمدة 10 min

الحل

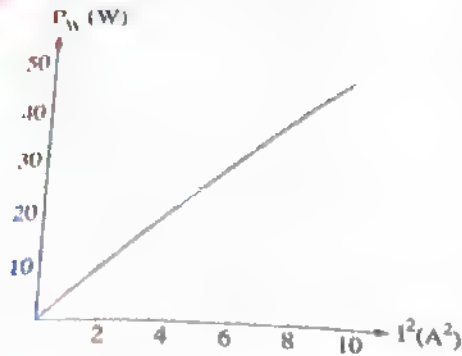
$$V = 75 V \quad I = 1.5 A \quad t = 10 \text{ min} \quad P_w = ? \quad W = ?$$

$$P_w = VI = 75 \times 1.5 = 112.5 W$$

$$W = P_w t = 112.5 \times 10 \times 60 = 6.75 \times 10^4 J$$

1

طول الموصل
تتناسب المقاومة
طردية مع طول الموصل



اختبر نفسك
اذكر العلاقة الصحيحة من بين العلاقات المعطاة :
الشكل البياني المقابل يعبر عن العلاقة بين القدرة المستهلكة في موصل ومربع شدة التيار المار فيه.
فتكون قيمة مقاومة الموصل

- 2 Ω ()
5 Ω ()
50 Ω ()
0.5 Ω ()

حساب المقاومة الكهربائية لموصل

* من خلال التجارب العملية اتضح أن المقاومة الكهربائية لموصل :
- تتناسب طردياً مع طول الموصل :
- تتناسب عكسياً مع مساحة مقطع الموصل :

$$R \propto l$$

$$R \propto \frac{1}{A}$$

$$\therefore R \propto \frac{l}{A}$$

$$\therefore R = \text{constant} \times \frac{l}{A}$$

$$\therefore R = \rho_e \frac{l}{A}$$

حيث : (ρ_e) المقاومة النوعية لمادة الموصل وهي كمية فيزيائية ثابتة للمادة الواحدة عند ثبوت درجة الحرارة،
والجدول التالي يوضح قيم المقاومة النوعية لبعض المواد عند درجة حرارة 20 °C :

المادة	الفضة	النحاس	الألومنيوم	الحديد
المقاومة النوعية بوحدة (Ω.m)	1.59×10^{-8}	1.7×10^{-8}	2.82×10^{-8}	10×10^{-8}

ملاحظات

* يمكن استخدام الريوستات للتحكم في شدة التيار المار في الدائرة الكهربائية،

لأن تغير موضع الزلق يغير طول سلك الريوستات الذي يمر به التيار فتتغير المقاومة المأخوذة من الريوستات حيث ($R \propto l$) فتتغير شدة التيار المار في الدائرة حيث ($I \propto \frac{1}{R}$).

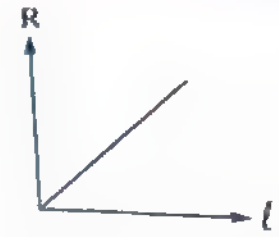
* عند دراسة العلاقة بين كمية فيزيائية وأحد العوامل المؤثرة عليها يلزم تثبيت العوامل الأخرى.

العوامل التي تؤثر عليها المقاومة الكهربائية لموصل

١

طول الموصل :

تناسب المقاومة الكهربائية لموصل تناسباً طردياً مع طول الموصل.



$$\text{slope} = \frac{\Delta R}{\Delta l} = \frac{\rho_e}{A}$$

$$R = \rho_e \frac{l}{A}$$

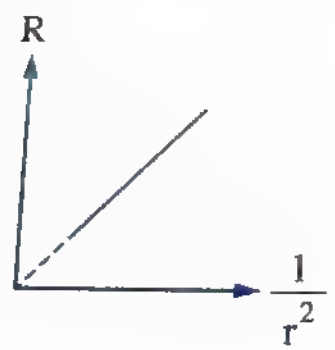
٢

٢

المقاومة النوعية لمادة الموصل (تعتمد على نوع مادة الموصل ودرجة حرارته)

نصف قطر الموصل :

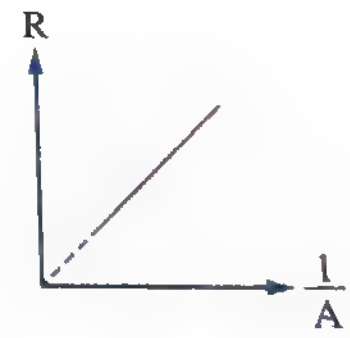
تناسب المقاومة الكهربائية لموصل تناسباً عكسياً مع مربع نصف قطر الموصل.



$$\text{slope} = \frac{\Delta R}{\Delta \left(\frac{1}{r^2}\right)} = \frac{\rho_e l}{\pi}$$

مساحة مقطع الموصل :

تناسب المقاومة الكهربائية لموصل تناسباً عكسياً مع مساحة مقطع الموصل.



$$\text{slope} = \frac{\Delta R}{\Delta \left(\frac{1}{A}\right)} = \rho_e l$$

أو

التوصيلية
تعبير التوصل
المقاومة الت
يمكن حس
وبالتالي يم
التوصيلية
مقلوب
مقلوب
تفاس
الع *

$$\rho_e = \frac{RA}{l}$$

نقاس المقاومة النوعية بوحدة (أوم.متر (2.011)

نوع مادة الموصل

درجة حرارة الموصل

(تزداد المقاومة النوعية لمادة الموصل بارتفاع درجة حرارته)

1 المقاومة النوعية لمادة موصل

يمكن حساب المقاومة النوعية لمادة موصل من العلاقة
والتالي يمكن تعريف المقاومة النوعية لمادة موصل كما يلي

المقاومة النوعية لمادة موصل (P)

تقدر بمقاومة موصل من تلك المادة طوله 1 m ومساحه
مقطعه 1 m² عند درجة حرارة معينة.

العوامل التي تتوقف عليها المقاومة النوعية لمادة موصل :



مثال

احسب نصف قطر سلك منتظم المقطع من النحاس طوله 25 m ومقاومته 0.1 Ω
(علمًا بأن : المقاومة النوعية للنحاس 1.68 × 10⁻⁸ Ω.m).

الحل

$$l = 25 \text{ m} \quad R = 0.1 \Omega \quad \rho_e = 1.68 \times 10^{-8} \Omega.m \quad r = ?$$

$$R = \frac{\rho_e l}{A} = \frac{\rho_e l}{\pi r^2}$$

$$r = \sqrt{\frac{\rho_e l}{\pi R}} = \sqrt{\frac{1.68 \times 10^{-8} \times 25}{\frac{22}{7} \times 0.1}} = 1.16 \times 10^{-3} \text{ m}$$

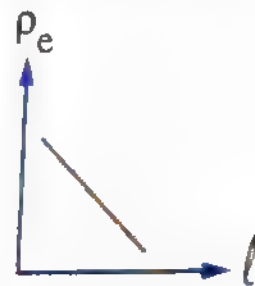
5) اختبر نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

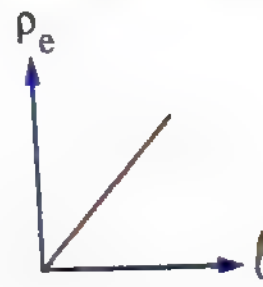
أي الأشكال التالية يمثل العلاقة البيانية بين المقاومة النوعية لمادة موصل فلزي وطول الموصل ؟



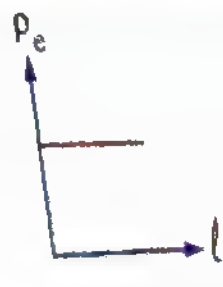
أ



ب



ج



د

التوصيلية الكهربائية لمادة موصل

* تعتبر التوصيلية الكهربائية لمادة موصل عن مدى قدرة هذه المادة على توصيل التيار الكهربى وتساوى مقلوب المقاومة النوعية لمادة الموصل.

$$\sigma = \frac{1}{\rho_e} = \frac{l}{RA} = \frac{l}{R\pi r^2}$$

* يمكن حساب التوصيلية الكهربائية (σ) لمادة موصل من العلاقة :

وبالتالى يمكن تعريف التوصيلية الكهربائية كما يلى :

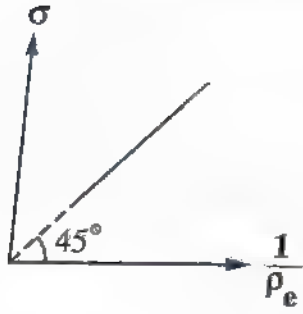
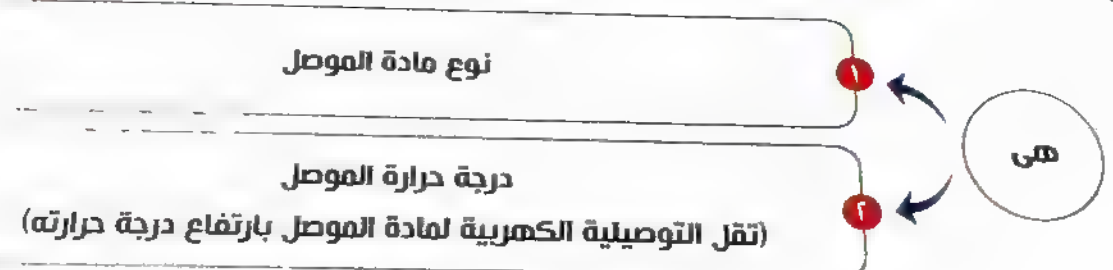
التوصيلية الكهربائية (σ)

مقلوب المقاومة النوعية لمادة موصل.

أو مقلوب مقاومة موصل طوله 1 m ومساحة مقطعه 1 m² عند درجة حرارة معينة.

نقاس التوصيلية الكهربائية لمادة موصل بوحدة $\Omega^{-1} \cdot m^{-1}$ أو م⁻¹ . متر⁻¹ ($\Omega^{-1} \cdot m^{-1}$)

* العوامل التى تتوقف عليها التوصيلية الكهربائية لمادة موصل :



* التمثيل البيانى للعلاقة بين المقاومة النوعية والتوصيلية الكهربائية عند

رسمهما بنفس مقياس الرسم :

$$\text{slope} = \sigma \rho_e = 1$$

ملاحظات

* يعتبر كل من المقاومة النوعية والتوصيلية الكهربائية للمادة خاصية فيزيائية مميزة لها،

لأن كل منهما يتوقف فقط على نوع المادة عند درجة حرارة معينة.

* تصنع كابلات نقل التيار الكهربى من النحاس،

لأن المقاومة النوعية للنحاس صغيرة وبالتالي تكون مقاومة الكابلات المصنوعة منه صغيرة حيث ($R \propto \rho_e$).

1

مسألة (1) : سلك طوله 50 m ونصف قطره 0.5 cm ومقاومته الكهربائية 2 Ω، أوجد :
 (أ) المقاومة النوعية لمادة السلك.
 (ب) التوصيلية الكهربائية لمادة السلك.

$l = 50 \text{ m} \quad r = 0.5 \text{ cm} \quad R = 2 \Omega \quad \rho_e = ? \quad \sigma = ?$

$$\rho_e = \frac{RA}{l} = \frac{R(\pi r^2)}{l} = \frac{2 \times \frac{22}{7} \times (0.5 \times 10^{-2})^2}{50}$$

$$= 3.14 \times 10^{-6} \Omega.m$$

(أ)

$$\sigma = \frac{1}{\rho_e} = \frac{1}{3.14 \times 10^{-6}}$$

$$= 3.18 \times 10^5 \Omega^{-1}.m^{-1}$$

(ب)

مسألة (2)

سلك طوله 20 m ومساحة مقطعه 0.2 mm^2 فإذا كان فرق الجهد بين طرفيه 10 V وشدة التيار المار فيه 0.5 A، احسب :
 (أ) المقاومة النوعية لمادة السلك.
 (ب) التوصيلية الكهربائية لمادة السلك.

$l = 20 \text{ m} \quad A = 0.2 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \quad V = 10 \text{ V} \quad I = 0.5 \text{ A} \quad \rho_e = ? \quad \sigma = ?$

$$R = \frac{V}{I} = \frac{10}{0.5} = 20 \Omega$$

(أ)

$$\rho_e = \frac{RA}{l} = \frac{20 \times 0.2 \times 10^{-6}}{20}$$

$$= 2 \times 10^{-7} \Omega.m$$

(ب)

$$\sigma = \frac{1}{\rho_e} = \frac{1}{2 \times 10^{-7}}$$

$$= 5 \times 10^6 \Omega^{-1}.m^{-1}$$

إرشاد

إذا تم لف السلك على شكل ملف دائري عدد لفاته N ونصف قطره $r_{(ملف)}$

$$l_{(سلك)} = 2 \pi r_{(ملف)} N$$

مثال

سلك مساحة مقطعه 10^{-6} m^2 ومقاومة مادته النوعية $10^{-7} \Omega \cdot \text{m}$ ملفوف على شكل ملف دائري نصف قطره $\frac{7}{22} \text{ m}$ وعدد لفاته 100 لفة، وصل مصدر كهربى بطرفى السلك فكان فرق الجهد بينهما 50 V . احسب شدة التيار المار بالسلك.

الحل

$$A = 10^{-6} \text{ m}^2 \quad \rho_e = 10^{-7} \Omega \cdot \text{m} \quad r_{(ملف)} = \frac{7}{22} \text{ m} \quad N = 100 \quad V = 50 \text{ V} \quad I = ?$$

$$l_{(سلك)} = 2 \pi r_{(ملف)} N = 2 \times \frac{22}{7} \times \frac{7}{22} \times 100 = 200 \text{ m}$$

$$R = \frac{\rho_e l}{A} = \frac{10^{-7} \times 200}{10^{-6}} = 20 \Omega$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{50}{20} = 2.5 \text{ A}$$

إرشاد

* لتعيين قيمة المقاومة R بدلالة الكتلة والحجم وكثافة المادة :

$$(\rho = \frac{m}{V_{ol}}, V_{ol} = Al \text{ حيث})$$

$$R = \frac{\rho_e l}{A} = \frac{\rho_e l^2}{V_{ol}} = \frac{\rho_e l^2 \rho}{m}$$

$$R = \frac{\rho_e l}{A} = \frac{\rho_e V_{ol}}{A^2} = \frac{\rho_e m}{\rho A^2}$$

مثال

سلك من النحاس طوله 50 cm وكثافة مادته 8600 kg/m^3 ومقاومته 0.15Ω ، احسب كتلة السلك.
(علمًا بأن : المقاومة النوعية للنحاس $= 1.79 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$)

الحل

$$l = 50 \text{ cm} \quad \rho = 8600 \text{ kg/m}^3 \quad R = 0.15 \Omega \quad \rho_e = 1.79 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m} \quad m = ?$$

$$R = \frac{\rho_e l}{A} = \frac{\rho_e l^2}{V_{ol}} = \frac{\rho_e l^2 \rho}{m}$$

$$m = \frac{\rho_e l^2 \rho}{R} = \frac{1.79 \times 10^{-8} \times (50 \times 10^{-2})^2 \times 8600}{0.15} = 2.57 \times 10^{-4} \text{ kg}$$

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{(\rho_e)_1 \ell_1 A_2}{(\rho_e)_2 \ell_2 A_1} = \frac{(\rho_e)_1 \ell_1 r_2^2}{(\rho_e)_2 \ell_2 r_1^2} = \frac{(\rho_e)_1 \rho_1 \ell_1^2 m_2}{(\rho_e)_2 \rho_2 \ell_2^2 m_1}$$

مسألة ١
سلك من النحاس له مقاومة 20Ω وطوله 30 m ومساحة مقطعه 0.5 cm^2 وسلك آخر من نفس المادة له مقاومة R_2 وطوله 10 m ومساحة مقطعه 0.3 cm^2 .
المطلوب: إيجاد R_2 .

$$\ell_1 = 30 \text{ m} \quad A_1 = 0.5 \text{ cm}^2 \quad R_1 = 20 \Omega \quad \ell_2 = 10 \text{ m} \quad A_2 = 0.3 \text{ cm}^2 \quad R_2 = ?$$

$$\therefore R = \frac{\rho_e \ell}{A}$$

$$\therefore (\rho_e)_1 = (\rho_e)_2, \quad \frac{R_1}{R_2} = \frac{\ell_1 A_2}{\ell_2 A_1}$$

$$\frac{20}{R_2} = \frac{30 \times 0.3}{10 \times 0.5}, \quad R_2 = 11.11 \Omega$$

السلك من نفس المادة.

مسألة ٢
سلكان من النحاس طول السلك الأول 10 cm وكتلته 0.1 kg وطول السلك الثاني 40 cm وكتلته 0.2 kg .
احسب نسبة مقاومة السلك الأول إلى مقاومة السلك الثاني.

$$\ell_1 = 10 \text{ cm} \quad m_1 = 0.1 \text{ kg}$$

$$\ell_2 = 40 \text{ cm} \quad m_2 = 0.2 \text{ kg}$$

$$\frac{R_1}{R_2} = ?$$

$$\therefore R = \frac{\rho_e \ell^2 \rho}{m}$$

\therefore السلكان من نفس المادة.

$$\therefore (\rho_e)_1 = (\rho_e)_2, \quad \rho_1 = \rho_2$$

$$\therefore \frac{R_1}{R_2} = \frac{\ell_1^2 m_2}{\ell_2^2 m_1} = \frac{10^2 \times 0.2}{40^2 \times 0.1} = \frac{1}{8}$$

سلكان لهما نفس الطول أحدهما من النحاس والآخر من الحديد فرق الجهد بين طرفيهما متساوى ويعبر بكل منهما نفس التيار. احسب النسبة بين نصفى قطريهما $(\frac{r_{Cu}}{r_{Fe}})$

علماً بأن : $(\rho_e)_{Fe} = 9.7 \times 10^{-8} \Omega.m$ ، $(\rho_e)_{Cu} = 1.7 \times 10^{-8} \Omega.m$

الحل

$$l_{Cu} = l_{Fe} \quad ; \quad V_{Cu} = V_{Fe} \quad ; \quad I_{Cu} = I_{Fe} \quad ; \quad (\rho_e)_{Cu} = 1.7 \times 10^{-8} \Omega.m$$

$$(\rho_e)_{Fe} = 9.7 \times 10^{-8} \Omega.m \quad ; \quad \frac{r_{Cu}}{r_{Fe}} = ?$$

$$\therefore R = \frac{V}{I}$$

$$\left(\frac{\rho_e l}{\pi r^2} \right)_{Cu} = \left(\frac{\rho_e l}{\pi r^2} \right)_{Fe}$$

$$\frac{r_{Cu}^2}{r_{Fe}^2} = \frac{(\rho_e)_{Cu}}{(\rho_e)_{Fe}} = \frac{1.7 \times 10^{-8}}{9.7 \times 10^{-8}} = \frac{17}{97}$$

$$\therefore R_{Cu} = R_{Fe}$$

$$\frac{(\rho_e)_{Cu}}{r_{Cu}^2} = \frac{(\rho_e)_{Fe}}{r_{Fe}^2}$$

$$\frac{r_{Cu}}{r_{Fe}} = 0.42$$

إرشاد

* إذا أعيد تشكيل سلك بحيث يتغير كل من طوله ومساحة مقطعه فإن :

$$(V_{ol})_1 = (V_{ol})_2 \quad , \quad A_1 l_1 = A_2 l_2 \quad , \quad \frac{l_1}{l_2} = \frac{A_2}{A_1}$$

$$\therefore \frac{R_1}{R_2} = \frac{l_1 A_2}{l_2 A_1} = \frac{l_1^2}{l_2^2} = \frac{A_2^2}{A_1^2} = \frac{r_2^4}{r_1^4}$$

∴ المقاومة النوعية ثابتة.

مثال

سُحِب سلك مقاومته 5Ω فزاد طوله للضعف، احسب مقاومة السلك بعد السحب.

الحل

$$l_2 = 2 l_1 \quad ; \quad R_1 = 5 \Omega \quad ; \quad R_2 = ?$$

$$\therefore \frac{R_1}{R_2} = \frac{l_1^2}{l_2^2} \quad , \quad \frac{5}{R_2} = \frac{l_1^2}{(2 l_1)^2} = \frac{l_1^2}{4 l_1^2} = \frac{1}{4} \quad , \quad \therefore R_2 = 20 \Omega$$

إرشاد

* للمقارنة بين المقاومة النوعية لمادتي موصلين مختلفين :

$$\frac{(\rho_e)_1}{(\rho_e)_2} = \frac{R_1 A_1 l_2}{R_2 A_2 l_1} = \frac{R_1 r_1^2 l_2}{R_2 r_2^2 l_1}$$

1

مثال ١ :
سلكان من مادتين مختلفتين طول الأول ثلاث أمثال طول الثاني ونصف قطره الأول ثلث نصف قطر الثاني ومقاومة الأول مساوي لمقاومة الثاني، احسب النسبة بين المقاومة النوعية للسلكين.

$$l_1 = 3l_2 \quad r_1 = \frac{1}{3}r_2 \quad R_1 = R_2 \quad \left| \begin{array}{l} (p_e)_1 = ? \\ (p_e)_2 \end{array} \right|$$

$$\rho_e = \frac{RA}{l} = \frac{R\pi r^2}{l}$$

$$\frac{(p_e)_1}{(p_e)_2} = \frac{r_1^2 l_2}{r_2^2 l_1} = \frac{(\frac{1}{3}r_2)^2 \times l_2}{r_2^2 \times 3l_2} = \frac{1}{27}$$

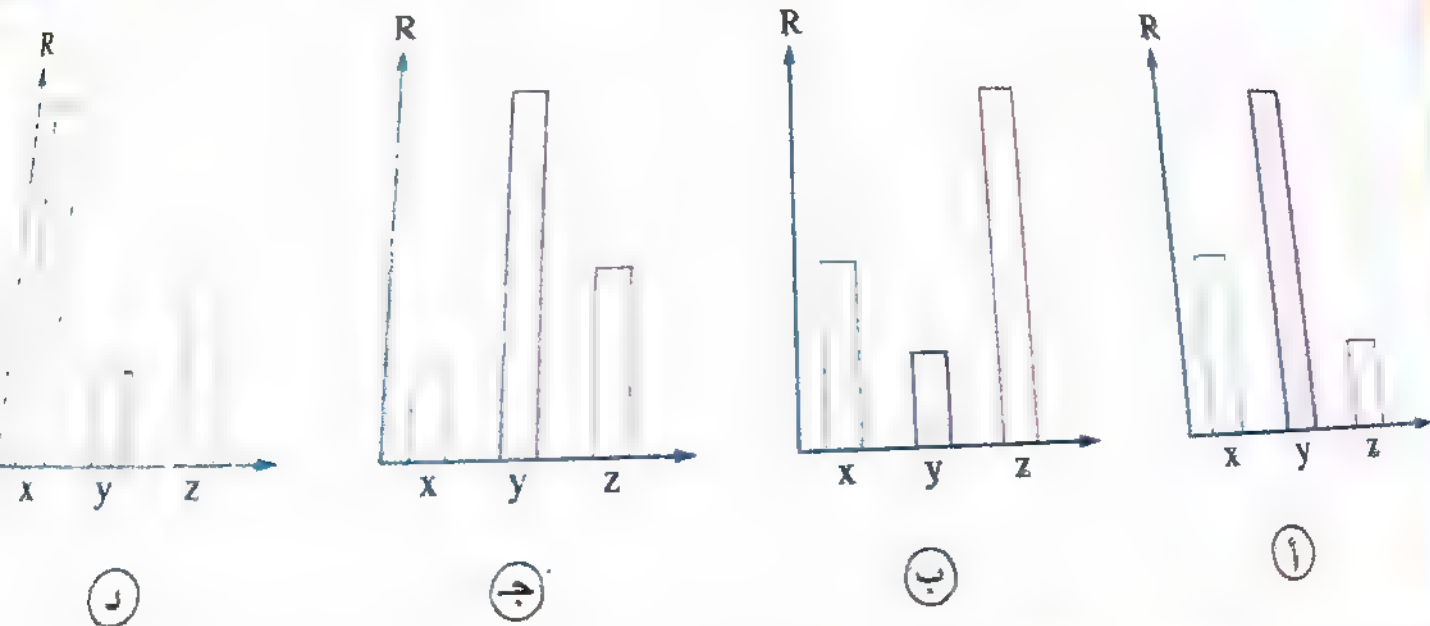
٦. اختبار نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

١. موصل منتظم المقطع طوله 4.5 m ومقاومته 6 Ω وموصل آخر من نفس نوع مادة الموصل الأول طوله 1.5 m ومساحة مقطعه ربع مساحة مقطع الموصل الأول، فإن مقاومة الموصل الثاني تساوي
 ① 12 Ω ② 10 Ω ③ 8 Ω ④ 4 Ω

٢. سلكان نحاسيان الأول نصف قطره 2r ومعامل التوصيل الكهربى له σ₁ والثاني نصف قطره 2r ومعامل التوصيل الكهربى له σ₂، فعند ثبوت درجة الحرارة أى العلاقات الآتية صحيحة ؟
 ① σ₁ = 2σ₂ ② σ₁ = 4σ₂ ③ σ₁ = σ₂ ④ σ₁ = $\frac{\sigma_2}{4}$

٣. ثلاثة أسلاك نحاسية x، y، z أطوالها 1 m، 4 m، 2 m على الترتيب، فإذا كانت مساحة مقطع هذه الأسلاك متساوية فأى من الأشكال التالية يعبر عن نسب مقاومة الأسلاك الثلاثة ؟





في هذا الدرس سوف نتعرف :

◀ توصيل المقاومات على التوالي.

◀ توصيل المقاومات على التوازي.

1 الفصل

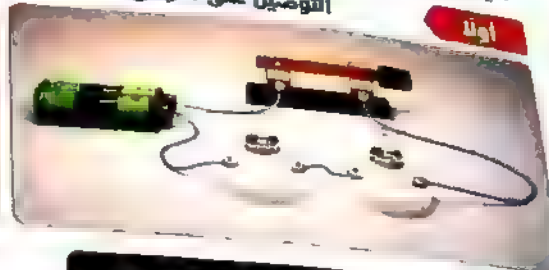
يمكن توصيل عدة مقاومات في دائرة كهربائية بطريقتين هما :

التوصيل على التوالي

ثانياً

التوصيل على التوازي

أولاً



توصيل المقاومات على التوالي

الفرض منه

الحصول على مقاومة كبيرة من مجموعة من المقاومات الصغيرة حيث تكون قيمة المقاومة المكافئة للمجموعة أكبر من قيمة أكبر مقاومة في المجموعة.

طريقة التوصيل

توصل المقاومات بحيث تكون مسار واحد متصل أمام التيار الكهربى المار فى دائرة كهربية كما هو موضح بالشكل.

شدة التيار الكهربى

عند قياس شدة التيار الكهربى المار فى كل مقاومة نجد أنها متساوية وتساوى شدة التيار المار فى الدائرة :

$$I = I_1 = I_2 = I_3$$

فرق الجهد الكهربى

عند قياس فرق الجهد الكلى بين طرفى المجموعة نجد أنه يساوى مجموع فروق الجهد بين طرفى المقاومات بالدائرة :

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

ويلاحظ أن فرق الجهد الكلى يتجزأ عبر المقاومات إلى قيم تتناسب طردياً مع قيمة المقاومة أى يكون فرق الجهد بين طرفى المقاومة الأكبر أكبر من فرق الجهد بين طرفى المقاومة الأصغر.

$$V \propto R \quad \text{عند ثبوت } I$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

أى أنه

B
ثانوى
3
sec
الربط الدارة مع مراجعة لدرس دائرة التوى

المقاومة المكافئة (R)

من قانون أوم

$$\begin{aligned} V &= IR \\ \therefore V_1 &= IR_1 \quad , \quad V_2 = IR_2 \quad , \quad V_3 = IR_3 \\ V &= V_1 + V_2 + V_3 \\ \therefore IR &= IR_1 + IR_2 + IR_3 \end{aligned}$$

$$\therefore R = R_1 + R_2 + R_3$$

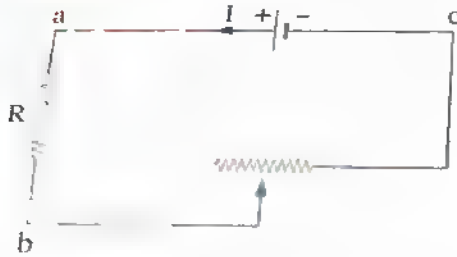
أولاً: المقاومة المكافئة لمجموعة مقاومات متصلة على التوالي تساوي مجموع هذه المقاومات.

* إذا كانت المقاومات المتصلة على التوالي متساوية وقيمة كل منها R وعددها N فإن:

$$R = NR$$

* وهكذا يمكن أن نفسر زيادة مقاومة الموصل بزيادة طوله بأن زيادة طول الموصل تعتبر بمثابة إضافة مقاومات على التوالي فتزداد مقاومته.

محتاج عليها



7 اختبار نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة:

في الدائرة الكهربائية الموضحة بالشكل عند زيادة المقاومة المتغيرة فإن شدة التيار المار في الدائرة

أ) تقل عند النقطة c وتظل ثابتة عند النقطة a

ب) تكون عند النقطة b أكبر من تلك عند النقطة c

ج) تظل دون تغيير عند جميع النقاط

د) تقل إلى نفس القيمة عند جميع النقاط

مثال

ثلاث مقاومات 25Ω , 70Ω , 85Ω متصلة على التوالي مع بطارية القوة الدافعة الكهربائية لها 45 V مهمة

المقاومة الداخلية، احسب:

(أ) المقاومة المكافئة لهذه المقاومات.

(ب) شدة التيار الكهربى المار في الثلاث مقاومات.

(ج) فرق الجهد عبر كل مقاومة.

الحل

$$R_1 = 25 \Omega$$

$$R_2 = 70 \Omega$$

$$R_3 = 85 \Omega$$

$$V_B = 45 \text{ V}$$

$$R = ?$$

$$I = ?$$

$$V_1 = ?$$

$$V_2 = ?$$

$$V_3 = ?$$

$$R = R_1 + R_2 + R_3 = 25 + 70 + 85 = 180 \Omega$$

(1)

(ب) : الثلاث مقاومات متصلة على التوالي.
شدة التيار المار في كل منها = شدة التيار الكلي المار في الدائرة.

$$I = \frac{V_H}{R} = \frac{45}{180} = 0.25 \text{ A}$$

$$V_1 = IR_1 = 0.25 \times 25 = 6.25 \text{ V}$$

$$V_2 = IR_2 = 0.25 \times 70 = 17.5 \text{ V} \quad , \quad V_3 = IR_3 = 0.25 \times 85 = 21.25 \text{ V}$$

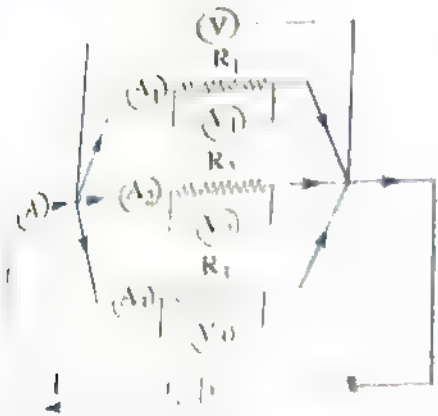
ثانياً توصيل المقاومات على التوازي

الغرض منه

الحصول على مقاومة صغيرة من مجموعة من المقاومات الكبيرة حيث تكون قيمة المقاومة المكافئة للمجموعة أقل من قيمة أصغر مقاومة في المجموعة.

طريقة التوصيل

توصيل المقاومات في دائرة كهربائية بحيث يكون لجميع المقاومات نفس البداية ونفس النهاية كما هو موضح بالشكل.



فرق الجهد الكهربائي

عند قياس فرق الجهد بين طرفي كل مقاومة نجد أنه متساوي ويساوي فرق الجهد بين طرفي مجموعة المقاومات :

$$V = V_1 = V_2 = V_3 \quad \text{C}$$

شدة التيار الكهربائي

عند قياس شدة التيار الكلي (I) المار في الدائرة نجد أنها تساوي مجموع شدة التيارات المارة في جميع المقاومات :

$$I = I_1 + I_2 + I_3 \quad \text{C}$$

وبلاحظ أن التيار الكهربائي يتجزأ بين المقاومات إلى قيم تتناسب عكسياً مع قيمة المقاومة أي يمر الجزء الأكبر من التيار في المقاومة الأصغر.

$$I \propto \frac{1}{R} \quad \text{عند ثبوت } V \longleftarrow$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1} \quad \text{أياه}$$

المقاومة المكافئة (R)

من قانون أوم :

لدرس الثاني

$$\therefore I = \frac{V}{R}$$

$$\therefore I_1 = \frac{V}{R_1}$$

$$I_2 = \frac{V}{R_2}$$

$$I_3 = \frac{V}{R_3}$$

$$I = \frac{V}{R}$$

$$\therefore I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$\therefore \frac{V}{R} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3}$$

$$\therefore \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

أي أنه مقلوب المقاومة المكافئة لمجموعة مقاومات متصلة على التوازي تساوي مجموع مقلوب المقاومات.

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

* إذا كان هناك مقاومتان فقط متصلتين على التوازي، فإن :

* إذا كانت المقاومات المتصلة على التوازي متساوية وقيمة كل منها R وعددها N ، فإن :

$$\frac{1}{R} = \frac{N}{R}$$

$$\therefore R = \frac{R}{N}$$

مما سبق نستنتج أن :

يمكن أن نفسر صغر مقاومة موصل بزيادة مساحة مقطعه،

بأن زيادة مساحة مقطع الموصل تعتبر بمثابة إضافة مقاومات على التوازي فتقل مقاومته.

توصل الأجهزة المنزلية على التوازي،

حتى يعمل كل جهاز على فرق جهد المصدر الكهربى وبالتالي يمكن تشغيل كل جهاز بمفرده فإذا فصل أو تلف

أى جهاز لا يؤثر على الأجهزة الأخرى، كما أن المقاومة المكافئة لها جميعاً تصبح صغيرة جداً.

فى الدوائر الكهربائية التى تحتوى على عدة مقاومات متصلة على التوازي تستخدم أسلاك سمكية عند

طرفى المصدر الكهربى، بينما يمكن استخدام أسلاك أقل سُمكاً عند طرفى كل مقاومة،

لأن شدة التيار تكون أكبر ما يمكن عند مدخل ومخرج التيار فتستخدم أسلاك سمكية حتى تكون مقاومتها

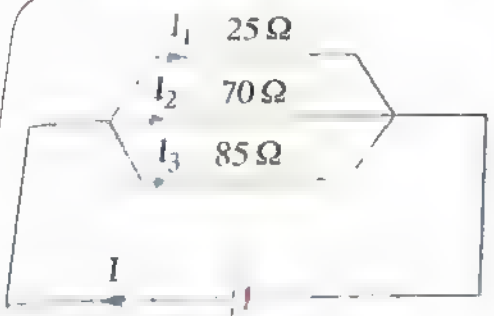
صغيرة فلا تسخن ولا تنصهر، بينما يتجزأ التيار فى كل مقاومة على حدة فيمكن استخدام أسلاك أقل سُمكاً

عند طرفى كل مقاومة.

4 عند زيادة عدد المقاومات المتصلة معاً (مصابيح مثلاً) مع مصدر كهربائي مهملة المقاومة الداخلية في حالة توصيلها على التوالي

توصيلها على التوالي	توصيلها على التوازي
تزداد	تقل
تقل	تزداد
تقل	لا تتغير
(حيث إنها تساوي تيار المصدر)	(لثبوت فرق الجهد بين طرفي كل مقاومة وقيمة المقاومة)
يقل	لا يتغير
لنقص شدة التيار المار في كل مقاومة	لثبوت فرق الجهد بين طرفي المصدر
تقل	تزداد
لنقص شدة التيار الكلي	لزيادة شدة التيار الكلي
تقل	لا تتغير
لنقص شدة التيار المار فيها	لثبوت فرق الجهد بين طرفي كل مقاومة وقيمة كل مقاومة

مثال 1



$V_B = 45 \text{ V}$
 $r = 0$

- من الدائرة المقابلة، أوجد :
(1) المقاومة الكلية.
- شدة التيار في كل مقاومة.
- شدة التيار الكلي.

الحل

$$R_1 = 25 \Omega \quad R_2 = 70 \Omega \quad R_3 = 85 \Omega \quad V_B = 45 \text{ V} \quad R = ? \quad I_1 = ?$$

$$I_2 = ? \quad I_3 = ? \quad I = ?$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{25} + \frac{1}{70} + \frac{1}{85}$$

$$R = 15.14 \Omega$$

(1)

التيار

$$I_1 = \frac{V_H}{R_1} = \frac{45}{25} = 1.8 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{V_H}{R_2} = \frac{45}{70} = 0.64 \text{ A}$$

$$I_3 = \frac{V_H}{R_3} = \frac{45}{85} = 0.53 \text{ A}$$

$$I = \frac{V_H}{R} = \frac{45}{15.14} = 2.97 \text{ A}$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3 = 1.8 + 0.64 + 0.53 = 2.97 \text{ A}$$

$$I = \frac{I_1 R_1}{R} = \frac{1.8 \times 25}{15.14} = 2.97 \text{ A}$$

(ب)

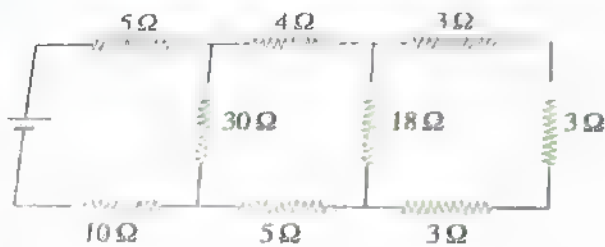
(ج)

هذا آخر

هذا آخر

مثال ٢

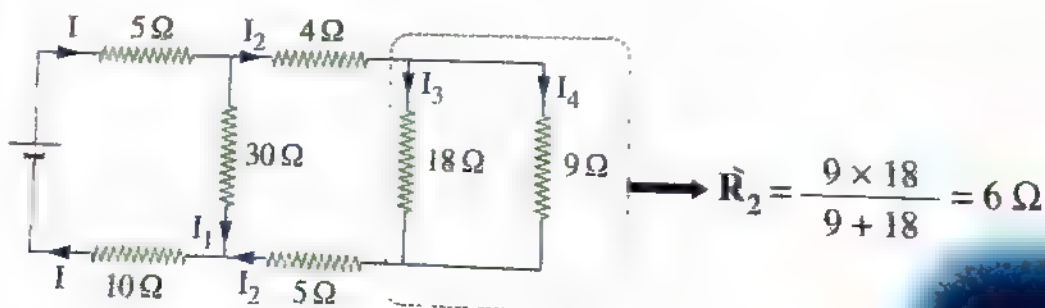
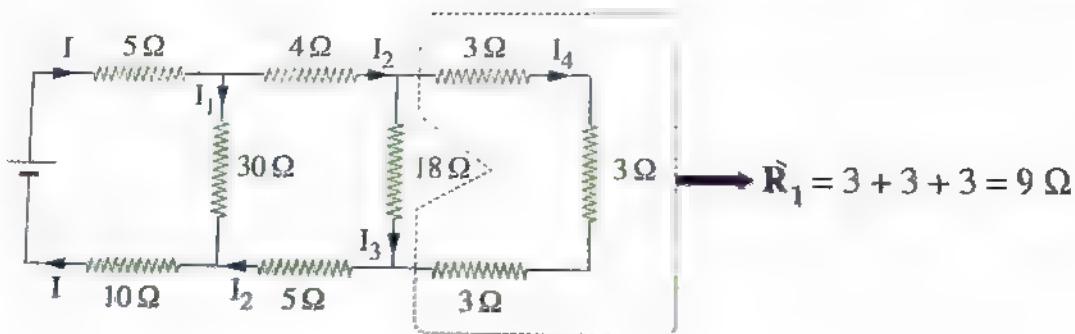
أوجد قيمة المقاومة المكافئة للدائرة الموضحة.



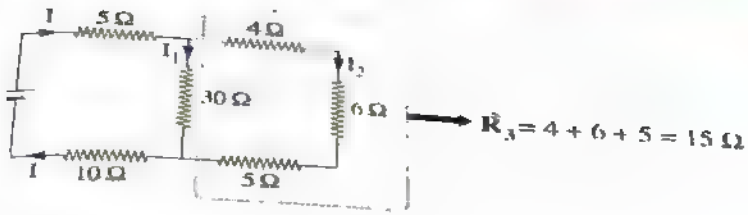
الحل

* قم بتوزيع التيار بدءاً من القطب الموجب للبطارية، حتى تصل مرة أخرى إلى قطبها السالب.

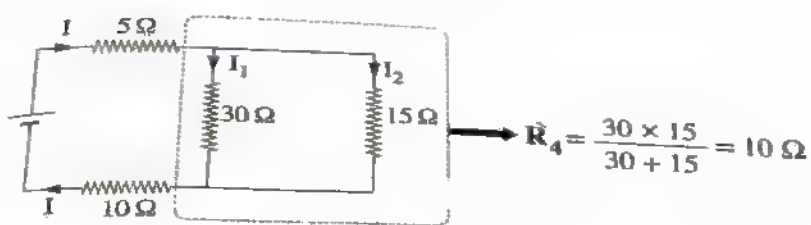
* طبق المبادئ التي تعلمتها عن طريقتي توصيل المقاومات (من حيث شدة التيار وفرق الجهد).



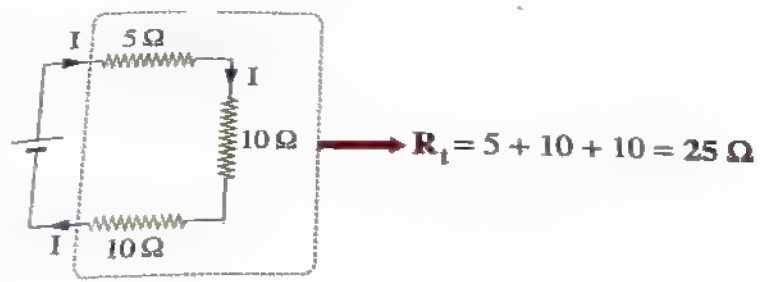
1



$$R_3 = 4 + 6 + 5 = 15 \Omega$$



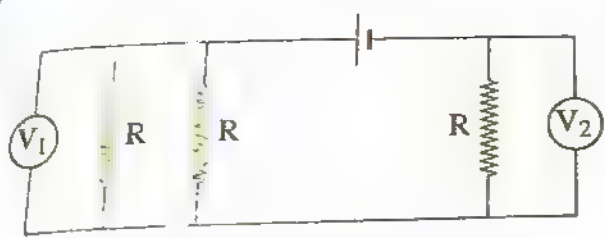
$$R_4 = \frac{30 \times 15}{30 + 15} = 10 \Omega$$



$$R_1 = 5 + 10 + 10 = 25 \Omega$$

مثال ٢

في الدائرة الموضحة بالشكل، احسب النسبة بين قراءتي الفولتميترين $\left(\frac{V_1}{V_2}\right)$.



الحل

* من المهم عند التعامل مع فرق الجهد تحديد النقطتين المراد تعيين فرق الجهد بينهما، في حالة توصيل المقاومات على التوالي يتوزع فرق الجهد بنسب المقاومات.

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{R_1}{R} = \frac{0.5R}{R} = \frac{1}{2}$$

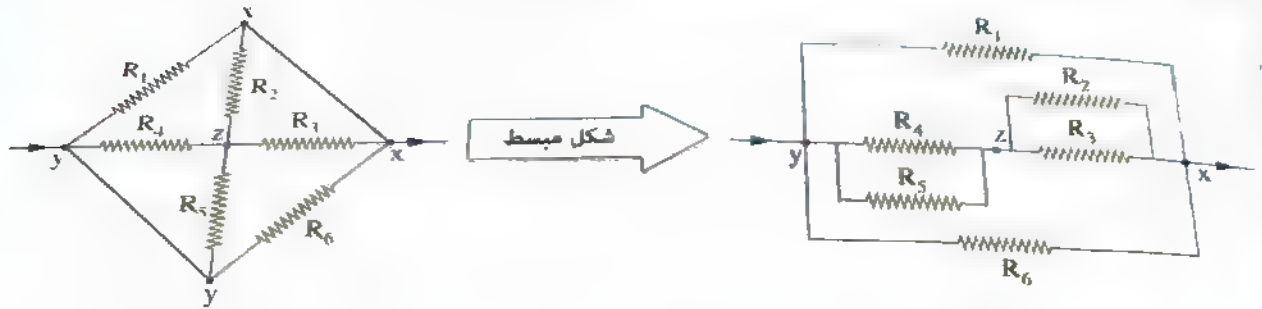
حيث R_1 هي المقاومة المكافئة المتصلة بين طرفي الفولتميتر V_1

المقاومة

* في حالة وجود مقاومة طرفيها متصلان بسلك توصيل تهمل هذه المقاومة عند حساب المقاومة المكافئة لعدم وجود فرق جهد بين طرفيها.



* في حالة وجود سلك توصيل (عديم المقاومة) يتم اعتبار طرفي السلك نقطة واحدة.



* عند إعادة رسم دائرة كهربائية تأكد من تطابق عدد المقاومات الموجودة بين كل نقطتين في كل من الشكلين.

مثال 1

من الدائرة المقابلة، احسب :

(أ) المقاومة المكافئة.

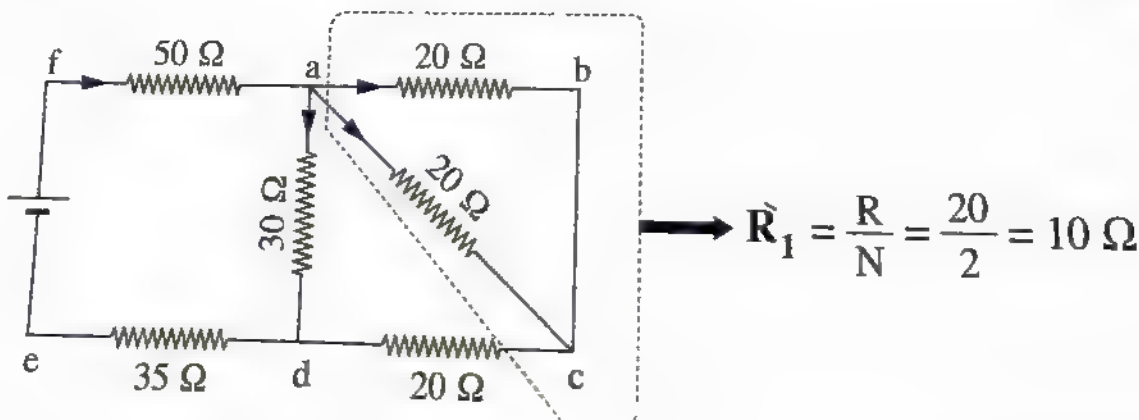
(ب) شدة التيار الكلي المار في الدائرة

علماً بأن $V_B = 100 \text{ V}$

الحل

(أ) لا يمر تيار في المقاومة 200Ω بينما يمر في السلك bc لأن مقاومته مهملة وبذلك تلغى المقاومة 200Ω

ويكون شكل الدائرة كالتالي :

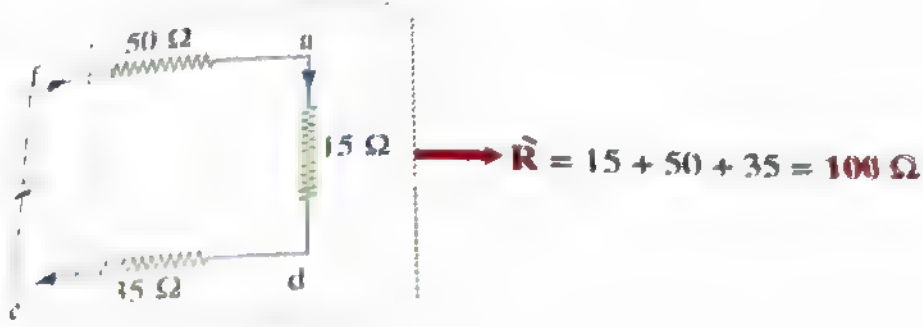
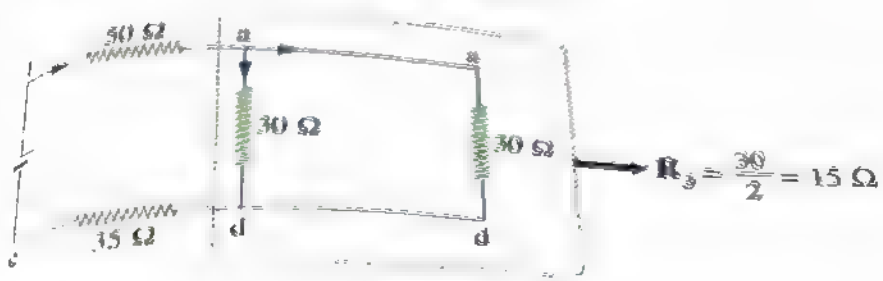
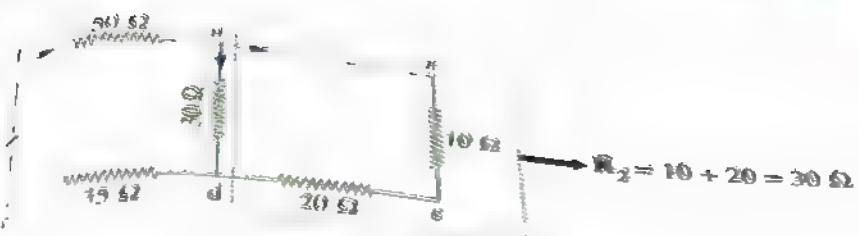


1

BRANDI ENTRENAR



مركز تطوير وتنمية المهارات
مركز تطوير وتنمية المهارات

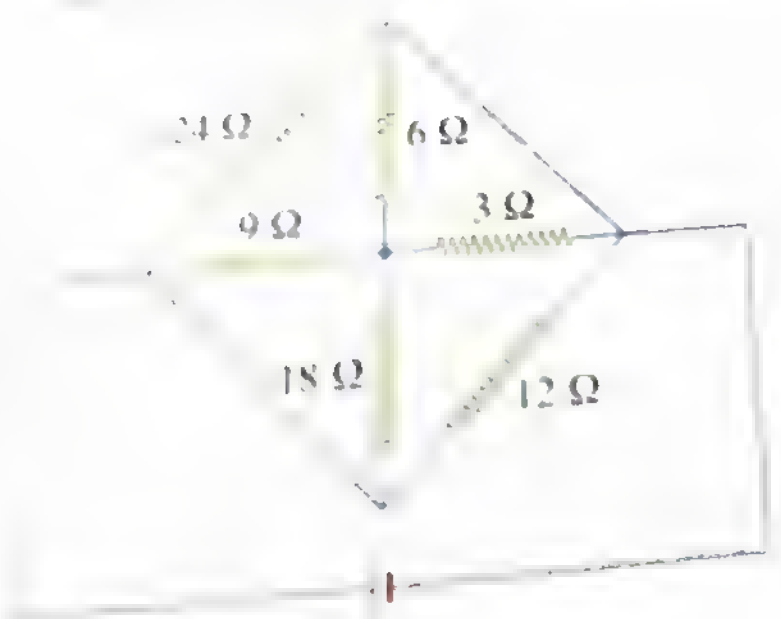


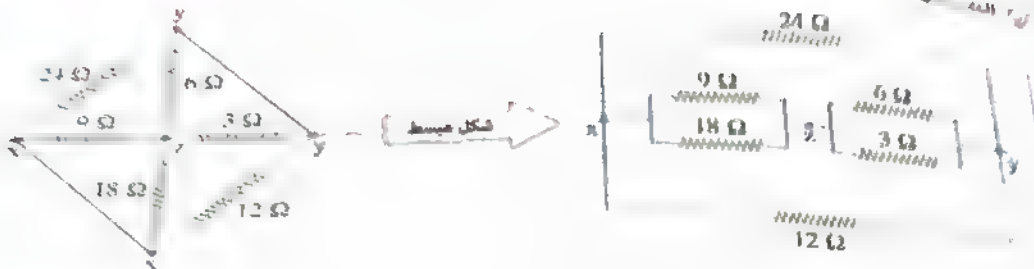
$I = \frac{V_R}{R} = \frac{100}{100} = 1 A \text{ (ب)}$

مثال ١

من الدائرة الموضحة،

احسب قيمة المقاومة المكافئة.





$$R_1 = \frac{9 \times 18}{9 + 18} = 6 \Omega$$

$$R_2 = \frac{6 \times 3}{6 + 3} = 2 \Omega$$

$$R_3 = 6 + 2 = 8 \Omega$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{24} + \frac{1}{12} + \frac{1}{8} = \frac{1}{4}$$

$$R = 4 \Omega$$

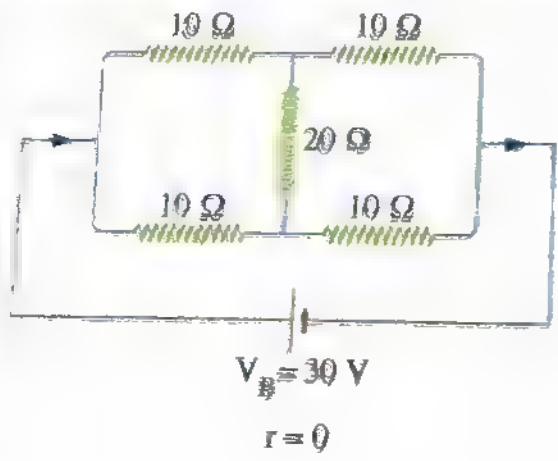
- * المقاومتان 9 Ω ، 18 Ω متصلتان على التوازي :
- * المقاومتان 3 Ω ، 6 Ω متصلتان على التوازي :
- * المقاومتان R₂ ، R₁ متصلتان على التوالي :
- * المقاومات R₃ ، 12 Ω ، 24 Ω متصلة على التوازي :

إرشاد

* في حالة تساوي الجهد بين طرفي مقاومه ما نهمل هذه المقاومه عند حساب



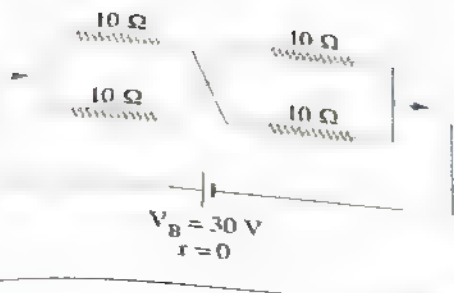
مثال



- من الدائرة المقابلة، احسب :
- (أ) المقاومه المكافئه.
- (ب) شدة التيار المار في الدائرة.

1 الحل

(ج)



(1) لا يمر تيار في المقاومة 20 Ω لتساوى الجهد عند طرفيها ويصبح شكل الدائرة كما هو موضح :

$$\bar{R} = \frac{10}{2} + \frac{10}{2} = 10 \Omega$$

$$I = \frac{V_B}{\bar{R}} = \frac{30}{10} = 3 A$$

(ب)

إرشاد

لحساب شدة تيار الفرع :

$$\bar{R} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

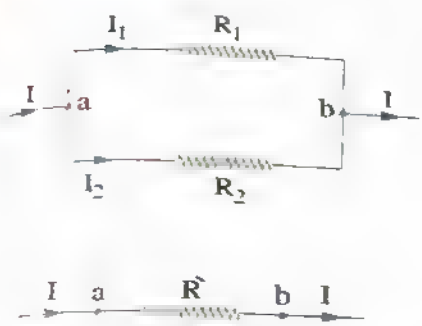
$$V_1 = V_2 = V_{ab}$$

$$I_1 R_1 = I_2 R_2 = I \bar{R}$$

$$I_1 = \frac{V_{ab}}{R_1}, \quad I_2 = \frac{V_{ab}}{R_2}$$

في حالة وجود فرعين فقط :

$$I_1 = \frac{I R_2}{R_1 + R_2}, \quad I_2 = \frac{I R_1}{R_1 + R_2}$$



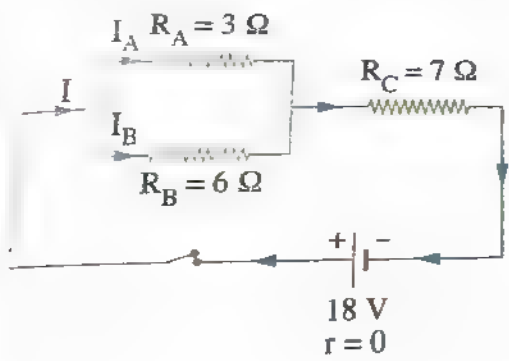
مثال 1

من الشكل المقابل، احسب :

(1) المقاومة الكلية.

(ب) شدة التيار المار في الدائرة.

(ج) شدة التيار المار في كل من المقاومتين R_A ، R_B



الحل

$$R_A = 3 \Omega \quad R_B = 6 \Omega \quad R_C = 7 \Omega \quad V_B = 18 V \quad \bar{R} = ? \quad I = ? \quad I_A = ? \quad I_B = ?$$

$$\bar{R} = \frac{R_A R_B}{R_A + R_B} + R_C = \frac{3 \times 6}{3 + 6} + 7 = 2 + 7 = 9 \Omega$$

(1)

$$I = \frac{V_B}{\bar{R}} = \frac{18}{9} = 2 A$$

(ب)

$$R_{AB} = \frac{3 \times 6}{3 + 6} = 2 \Omega$$

$$V_{AB} = IR_{AB} = 2 \times 2 = 4 V$$

(ج)

$$I_A = \frac{V_{AB}}{R_A} = \frac{4}{3} = 1.33 A$$

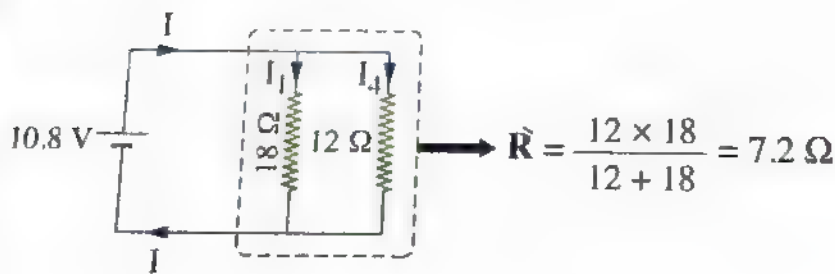
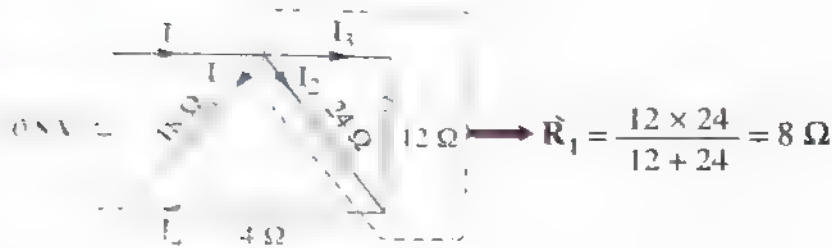
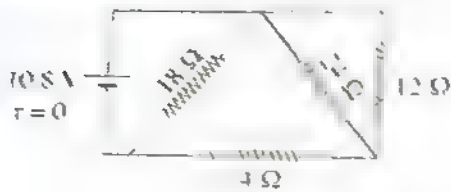
$$I_B = \frac{V_{AB}}{R_B} = \frac{4}{6} = 0.67 A$$

مثال ٢

في الدائرة الكهربائية الموضحة بالشكل المقابل،

احسب شدة التيار المار في كل مقاومة.

الحل



$$I = \frac{V_B}{R} = \frac{10.8}{7.2} = 1.5 A$$

$$I_1 = \frac{V_B}{18} = \frac{10.8}{18} = 0.6 A$$

: المقاومة 18 Ω

$$I = I_1 + I_4$$

$$1.5 = 0.6 + I_4$$

$$I_4 = 0.9 \text{ A}$$

$$V_3 = I_4 R_1 = 0.9 \times 8 = 7.2 \text{ V}$$

$$I_2 = \frac{V_3}{24} = \frac{7.2}{24} = 0.3 \text{ A}$$

$$I_3 = \frac{V_3}{12} = \frac{7.2}{12} = 0.6 \text{ A}$$

* شدة التيار المار في المقاومة 4Ω

* فرق الجهد بين طرفي كل من المقاومتين 12Ω ، 24Ω (V_3)

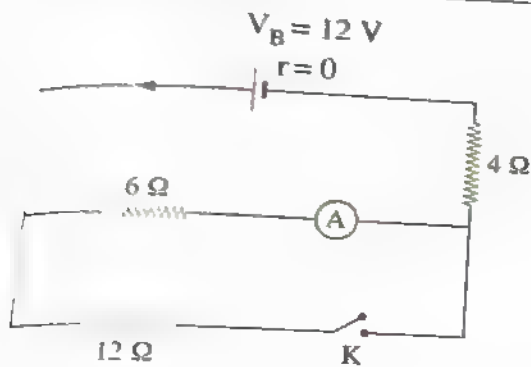
* شدة التيار المار في المقاومة 24Ω

* شدة التيار المار في المقاومة 12Ω :

مثال ٢

في الدائرة الكهربائية الموضحة بالشكل المقابل،

احسب النسبة بين قراءتي الأميتر قبل وبعد غلق المفتاح.



الحل

* عند غلق أو فتح مفتاح بالدائرة، أعد توزيع التيار بدءاً من القطب الموجب للبطارية وانتهاءً بالقطب السالب لإدراك هل يقرأ الأميتر شدة التيار الكلي أم جزء منه.

قراءة الأميتر والمفتاح (K) مفتوح :

$$I_1 = \frac{V_B}{R_1} = \frac{12}{6+4} = 1.2 \text{ A}$$

$$R_2 = 4 + \frac{6 \times 12}{6+12} = 8 \Omega$$

$$I = \frac{V_B}{R_2} = \frac{12}{8} = 1.5 \text{ A}$$

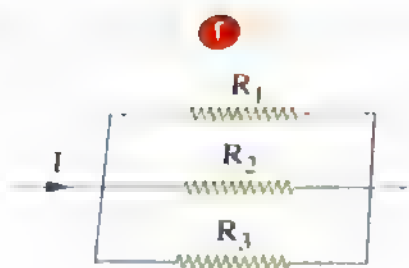
$$I \times \frac{6 \times 12}{6+12} = I_2 \times 6$$

$$I_2 = 1.5 \times \frac{4}{6} = 1 \text{ A}$$

قراءة الأميتر والمفتاح (K) مغلق :

$$\therefore \frac{I_1}{I_2} = \frac{1.2}{1}$$

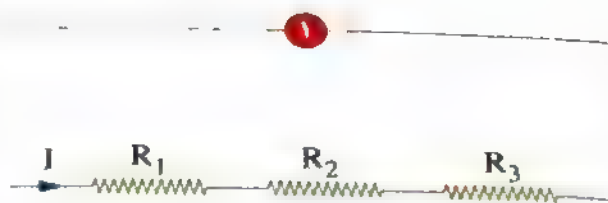
هناك أربع طرق لتوصيل ثلاث مقاومات



يتحقق هذا التوصيل إذا كان

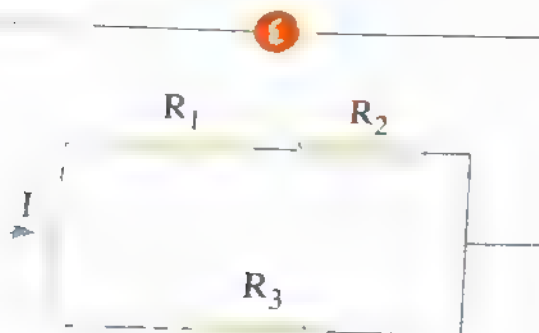
$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$V_1 = V_2 = V_3$$



$$I = I_1 = I_2 = I_3$$

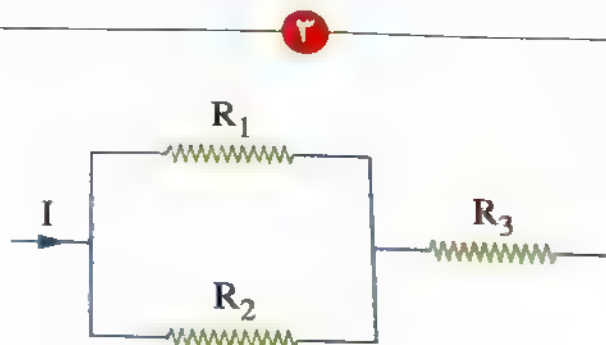
$$V = V_1 + V_2 + V_3$$



يتحقق هذا التوصيل إذا كان

$$I_1 = I_2$$

$$V_1 + V_2 = V_3$$



$$I_3 = I_1 + I_2$$

$$V_1 = V_2$$

مثال
ثلاث مقاومات (20 ، 40 ، 60 أوم) متصلة بمصدر تيار كهربى فإذا كان فرق الجهد بين طرفى كل مقاومة من 50 ، 20 ، 30 فولت على الترتيب، يرسم كىيفية توصيل هذه المقاومات، ثم احسب المقاومة الكلية للدائرة.

$$R_1 = 20 \Omega \quad R_2 = 40 \Omega \quad R_3 = 60 \Omega \quad V_1 = 50 \text{ V} \quad V_2 = 20 \text{ V} \quad V_3 = 30 \text{ V}$$

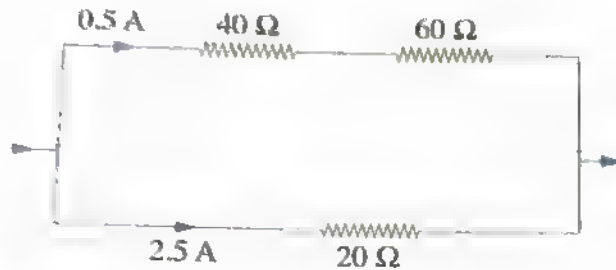
$$R = ?$$

$$I_1 = \frac{V_1}{R_1} = \frac{50}{20} = 2.5 \text{ A} \quad , \quad I_2 = \frac{V_2}{R_2} = \frac{20}{40} = 0.5 \text{ A} \quad , \quad I_3 = \frac{V_3}{R_3} = \frac{30}{60} = 0.5 \text{ A}$$

$$\therefore I_2 = I_3$$

$$\therefore V_1 = V_2 + V_3$$

\therefore المقاومتان 60 Ω ، 40 Ω متصلتان على التوالى والمقاومة 20 Ω متصلة معهما على التوازى، ويكون الدائرة كالتالى :



$$R = \frac{(40 + 60) \times 20}{40 + 60 + 20} = 16.67 \Omega$$

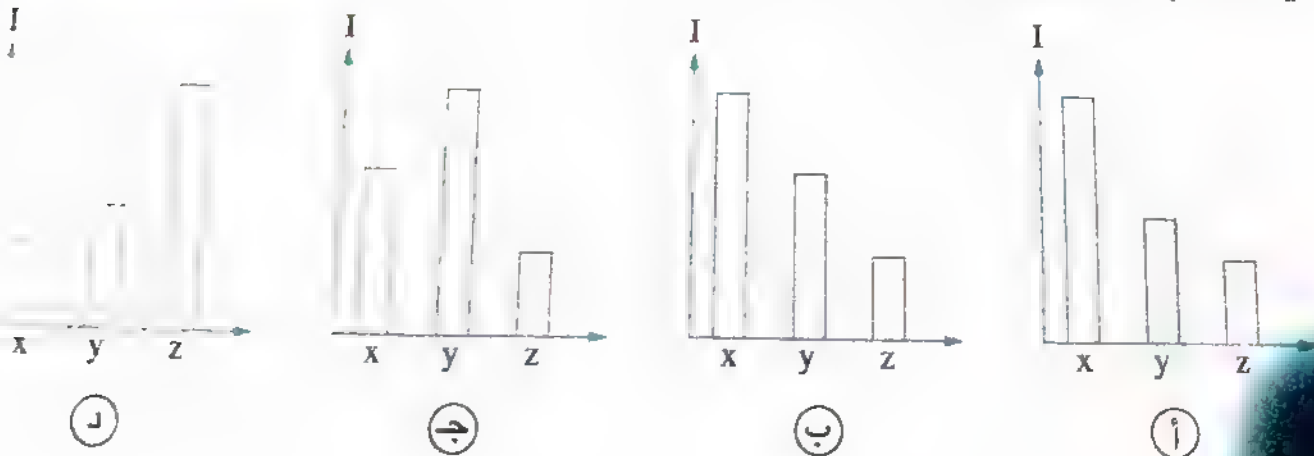
8) اختر نفسك

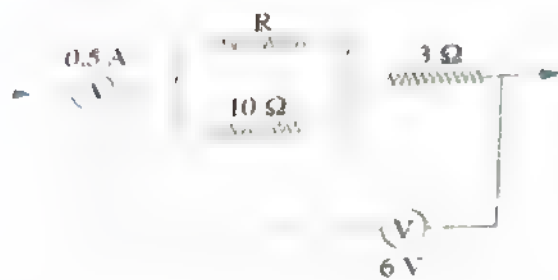
اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

1) الرسم المقابل يوضح ثلاث مقاومات x ، y ، z

متصلة معاً على التوازى، فأى من الأشكال التالية

يمثل نسب شدة التيار المار بكل منها ؟





٢ في الشكل المقابل،

قيمة R تساوي

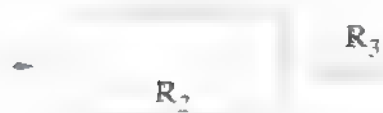
٩ Ω (أ)

١٠ Ω (ب)

١٢ Ω (ج)

٩٠ Ω (د)

$R_1 = R$



٣ الشكل المقابل يمثل جزء من دائرة كهربائية، فإن فرق الجهد

بين طرفي كل مقاومة متساوي إذا كان

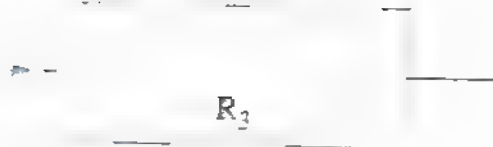
$R_2 = R_3 = R$ (أ)

$R_2 = R, R_3 = 2R$ (ب)

$R_2 = 3R, R_3 = \frac{3R}{4}$ (ج)

$R_2 = 3R, R_3 = \frac{5}{2}R$ (د)

$R_1 = R_2$



٤ الشكل المقابل يمثل جزء من دائرة كهربائية، فإن شدة التيار

المر في كل مقاومة يتساوى إذا كان

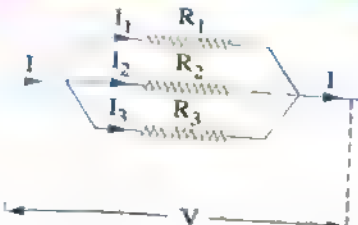
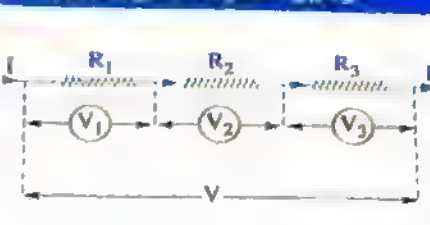
$R_1 = R_2 = R_3$ (أ)

$R_1 + R_2 = R_3$ (ب)

$R_1 = R_2 + R_3$ (ج)

$R_2 = R_1 + R_3$ (د)

* مما سبق يمكن المقارنة بين توصيل المقاومات على التوالي وتوصيلها على التوازي كالتالى :

توصيل المقاومات على التوازي	توصيل المقاومات على التوالي
	
تكون كل مقاومة مسار مغلق مع المصدر فيمكن التحكم فى مرور التيار فى كل منها على حدة	تكون مجموعة المقاومات مسار مغلق واحد مع المصدر فلا يمكن التحكم فى مرور التيار فى كل منها على حدة
الحصول على مقاومة صغيرة من مجموعة مقاومات كبيرة	الحصول على مقاومة كبيرة من مجموعة مقاومات صغيرة
التيار الكلى يساوى مجموع التيارات فى المقاومات $(I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots)$	متساوية فى جميع المقاومات وتساوى شدة التيار الكلى (I) $(I = I_1 = I_2 = I_3 = \dots)$
متساوى بين طرفى جميع المقاومات ويساوى فرق الجهد الكلى (V) $(V = V_1 = V_2 = V_3 = \dots)$	فرق الجهد الكلى يساوى مجموع فروق الجهد على المقاومات $(V = V_1 + V_2 + V_3 + \dots)$
تناسب شدة التيار المار فى كل مقاومة عكسياً مع قيمة المقاومة $\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$	يتناسب فرق الجهد بين طرفى كل مقاومة طردياً مع قيمة المقاومة $\frac{V_1}{V_2} = \frac{R_1}{R_2}$
<p>* لعدة مقاومات :</p> $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$ <p>* لعدة مقاومات متساوية عددها N وقيمة كل منها R :</p> $R = \frac{R}{N}$ <p>* لمقاومتين :</p> $R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$	<p>* لعدة مقاومات :</p> $R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$ <p>* لعدة مقاومات متساوية عددها N وقيمة كل منها R :</p> $R = NR$

طريقة
التوصيل
فى الدائرة

الفرض منه

شدة التيار
الكهربى

فرق الجهد

تأثير نسب
المقاومات

القانون
المستخدم
لتعيين
المقاومة
المكافئة
(R)

ملاحظة

* المقارنة بين القدرة المستهلكة في مقاومتين إذا كان شدة التيار فيهما متساوية :

$$\frac{(P_w)_1}{(P_w)_2} = \frac{I^2 R_1}{I^2 R_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

$$\frac{(P_w)_1}{(P_w)_2} = \frac{V^2}{R_1} \times \frac{R_2}{V^2} = \frac{R_2}{R_1}$$

= فرق الجهد بين طرفيهما متساوي :

مثال ١

مصباحان مقاومتهما R_1 ، R_2 ، فإذا وصلنا معاً في دائرة كهربائية بها مصدر كهربي وكان $R_2 < R_1$ ، أيهما يصبح أكثر إضاءة إذا كان المصباحان متصلين :
(١) على التوالي. (ب) على التوازي.

الحل

$$\frac{(P_w)_1}{(P_w)_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

(١)

$$\therefore R_1 > R_2$$

$$\therefore (P_w)_1 > (P_w)_2$$

∴ إضاءة المصباح الأول < إضاءة المصباح الثاني.

(ب)

$$\frac{(P_w)_1}{(P_w)_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

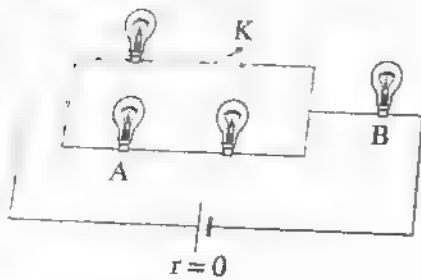
$$\therefore R_1 > R_2$$

$$\therefore (P_w)_1 < (P_w)_2$$

∴ إضاءة المصباح الأول > إضاءة المصباح الثاني.

مثال ٢

في الدائرة الكهربائية المقابلة أربعة مصابيح متماثلة، ما التغير الحادث لشدة إضاءة كل من المصباحين A ، B عند غلق المفتاح K ؟



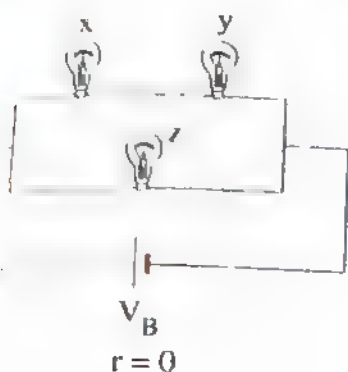
الحل

* عند غلق المفتاح K تقل المقاومة الكلية للدائرة فتزداد شدة التيار المار في الدائرة التي هي شدة التيار المار في المصباح B ، وتبعاً للعلاقة $(P_w = I^2 R)$ فإن القدرة المستهلكة في المصباح B تزداد فتزداد إضاءته.

* بزيادة التيار المار في المصباح B يزداد فرق الجهد بين طرفيه ونظراً لأن فرق الجهد بين طرفي المصدر يساوي مجموع فروق الجهد بين طرفي المصباح B وبين طرفي مجموعة المصابيح المتصلة معه فإن فرق الجهد بين طرفي المصباح A يقل وتبعاً للعلاقة $(P_w = \frac{V^2}{R})$ فإن القدرة المستهلكة في المصباح A تقل فتقل إضاءته.

مثال ٣

في الدائرة المقابلة ثلاثة مصابيح متماثلة x, y, z متصلين معًا ببطارية مهملة المقاومة الداخلية، احسب النسبة بين القدرة المستهلكة في المصابيح الثلاثة $(P_w)_x : (P_w)_y : (P_w)_z$.



الحل

* نفرض أن مقاومة كل مصباح R

* المصباحان x, y متصلان على التوالي :

$$\therefore V_x + V_y = V_B$$

$$\therefore R_x = R_y = R$$

$$\therefore V_x = V_y = \frac{V_B}{2}$$

* المصباح z متصل على التوازي مع المصباحان x, y :

$$V_z = V_B$$

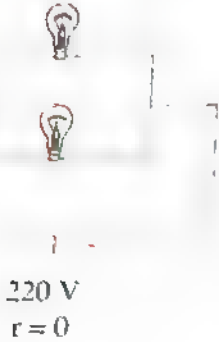
$$\therefore P_w = \frac{V^2}{R}$$

$$\therefore (P_w)_x : (P_w)_y : (P_w)_z$$

$$= \frac{V_B^2}{4R} : \frac{V_B^2}{4R} : \frac{V_B^2}{R}$$

$$= 1 : 1 : 4$$

مجاب عنها



9 اختبار نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

١ في الدائرة الكهربائية الموضحة بالشكل مصباحان كهربيان عند توصيلهما على التوازي مع بطارية قوتها الدافعة الكهربائية 220 V كانت قدرتهما 40 W ، 80 W ، فتكون المقاومة الكلية للدائرة

٣٨٠.٥ Ω (ب)

٣٦٤.٢ Ω (أ)

٥٠٢.٦ Ω (د)

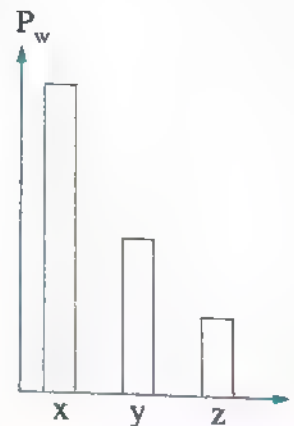
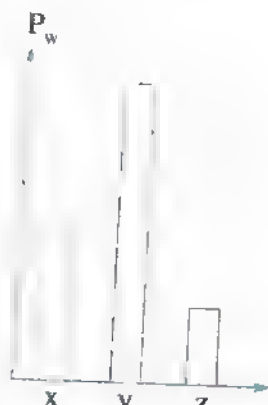
٤٠٣.٣ Ω (ج)

I	2R	4R	R
x	y	z	

٢ في الشكل المقابل ثلاث مقاومات متصلة معًا على التوالي،

فأى من الأشكال التالية يعبر عن نسب القدرة المستهلكة

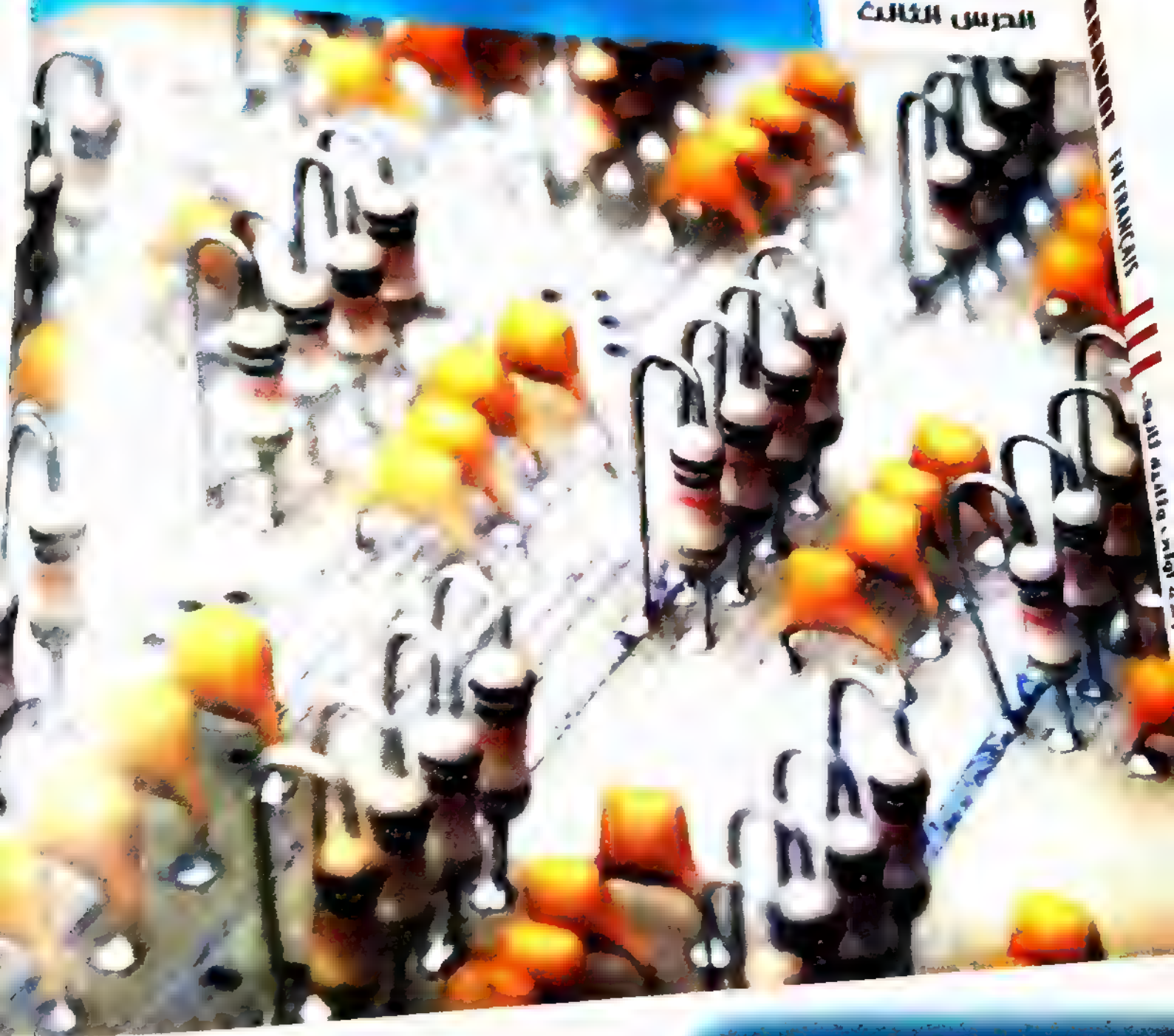
في كل منها ؟



قانون أوم للدائرة المغلقة

1

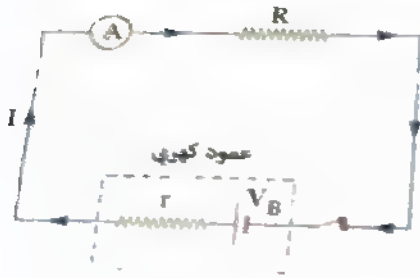
الدرس الثالث



• درستنا فيما سبق أن العمود الكهربى (البطارية) هو مصدر الجهد فى الدائرة الكهربائية، وبسبب مقاومة المواد المصنوع منها العمود الكهربى يكون لكل عمود كهربى مقاومة داخلية وبذلك تصبح المقاومة الكلية للدائرة هى المحصلة للمقاومة الخارجية المتصلة بالدائرة والمقاومة الداخلية للعمود الكهربى.

• تقدر القوة الدافعة الكهربائية (V_B) لمصدر كهربى بالشغل الكلى المبذول خارج وداخل المصدر الكهربى لنقل وحدة الشحنات الكهربائية فى الدائرة كلها.

وتكون القوة الدافعة الكهربائية للمصدر = فرق الجهد الخارجى + فرق الجهد الداخلى



• إذا رمزنا للقوة الدافعة الكهربائية للعمود (البطارية) بالرمز (V_B) وشدة التيار الكلى فى الدائرة بالرمز (I) وللمقاومة الخارجية (المكافئة) بالرمز (R) وللمقاومة الداخلية للعمود بالرمز (r) كما بالشكل، فإن :

$$V_B = V_{\text{(خارج المصدر)}} + V_{\text{(داخل المصدر)}}$$

$$V_B = IR + Ir$$

القوة الدافعة الكهربائية = فرق الجهد عبر المقاومة الخارجية + فرق الجهد عبر المقاومة الداخلية

$$\therefore V_B = I(R + r)$$

$$\therefore I = \frac{V_B}{R + r}$$

وتعرف هذه العلاقة بقانون أوم للدائرة المغلقة.

من قانون أوم للدائرة المغلقة يتضح أن :

القوة الدافعة الكهربائية (V_B) لعمود كهربى تكون أكبر من فرق الجهد (V) بين طرفيه.

لأن المقاومة الداخلية للعمود تستهلك شغلاً لكى يمر التيار الكهربى داخل العمود تبعاً للعلاقة ($V_B = V + Ir$) وبذلك تكون ($V_B > V$).

حيث (V) فرق الجهد بين طرفى المقاومة المكافئة (الخارجية) أو فرق الجهد بين طرفى العمود عند مرور تيار كهربى فى الدائرة الكهربائية.

فرق الجهد بين قطبى العمود (V) يصبح :

(١) مساوى تقريباً للقوة الدافعة الكهربائية له (V_B).

عندما تصبح قيمة شدة التيار أو المقاومة الداخلية للعمود صغيرة جداً لدرجة يمكن معها إهمال قيمة (Ir).

(٢) مساوى للقوة الدافعة الكهربائية له (V_B).

عندما تكون الدائرة الكهربائية مفتوحة، ولا يمر تيار كهربى خلال العمود الكهربى.

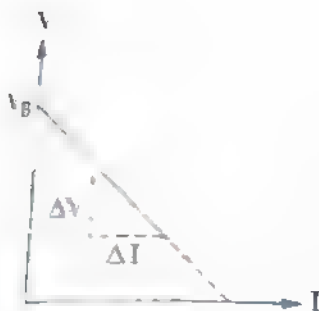
* مما سبق يمكن تعريف القوة الدافعة الكهربائية لعمود كما يلي :

القوة الدافعة الكهربائية لعمود (V_B)

مقدار الشغل الكلى المبذول لنقل كمية من الكهرباء مقدارها واحد كولوم (وحدة الشحنات الكهربيه) خارج وداخل العمود فى الدائرة الكهربيه.

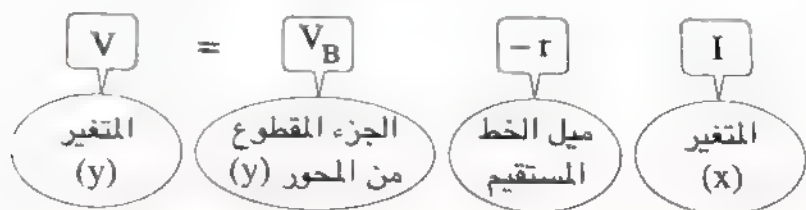
فرق الجهد بين قطبى العمود فى حالة عدم مرور تيار كهربى فى الدائرة (المفتاح مفتوح).

نقاس القوة الدافعة الكهربيه لمصدر بوحدة الفولت



* التمثيل البيانى للعلاقة بين فرق الجهد بين قطبى مصدر كهربى وشدة التيار

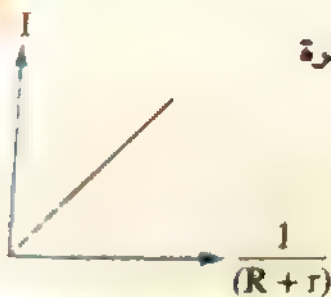
المرار فى الدائرة الكهربيه أو خلال المصدر الكهربى :



$$\therefore \text{slope} = \frac{\Delta V}{\Delta I} = -r$$

العوامل المؤثرة على شدة التيار المرار بدائرة كهربيه

2

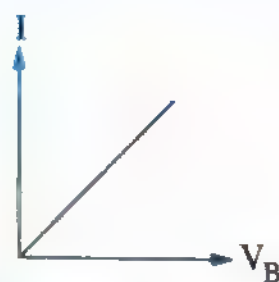


المقاومة الكليه بالدائرة

: $(R + r)$

«علاقة عكسيه».

1



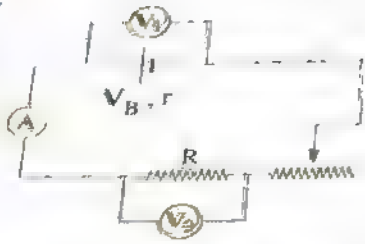
القوة الدافعة الكهربيه

: بالدائرة (V_B)

«علاقة طرديه».

$$I = \frac{V_B}{(R + r)}$$

ملاحظات



* في الدائرة الكهربائية الموضحة بالشكل، عند زيادة قيمة المقاومة المأخوذة من الريوستات :

(١) تزداد المقاومة الكلية للدائرة ($R + r$) فتقل شدة التيار

المر في الدائرة (I) تبعاً للعلاقة $(I = \frac{V_B}{R + r})$.

(٢) يزداد فرق الجهد (V_1) بين قطبي البطارية،

لأنه نظراً لنقص قيمة شدة التيار المر في الدائرة يقل فرق الجهد الداخلي (Ir) وحيث إن قيمة القوة الدافعة الكهربائية (V_B) للبطارية ثابتة فإن فرق الجهد (V_1) بين طرفي البطارية يزداد.

(٣) يقل فرق الجهد (V_2) بين طرفي المقاومة الثابتة R نظراً لنقص شدة التيار المر فيها وثبتت قيمة R طبقاً للعلاقة ($V_2 = IR$).

* عادة ما يشار إلى المقاومة الخارجية (خارج المصدر) بالدائرة الكهربائية بالمقاومة المكافئة (R).

ويشار إلى مجموع المقاومات خارج المصدر وداخله بالمقاومة الكلية ($R + r$).

* من الصور الرياضية المهمة لقانون أوم للدائرة المغلقة ($V = V_B - Ir$).

حيث (V) فرق الجهد بين قطبي المصدر الكهربى وتمثل قراءة الفولتميتر المتصل بقطبي المصدر الكهربى.

مثال ١

عمود كهربى قوته الدافعة الكهربائية 2 V، ومقاومته الداخلية 0.1Ω وصل في دائرة كهربية مقاومتها الخارجية 3.9Ω ، احسب شدة التيار الكلى فى الدائرة.

الحل

$$V_B = 2 \text{ V} \quad r = 0.1 \Omega \quad R = 3.9 \Omega \quad I = ?$$

$$I = \frac{V_B}{R + r} = \frac{2}{3.9 + 0.1} = 0.5 \text{ A}$$

مثال ٢

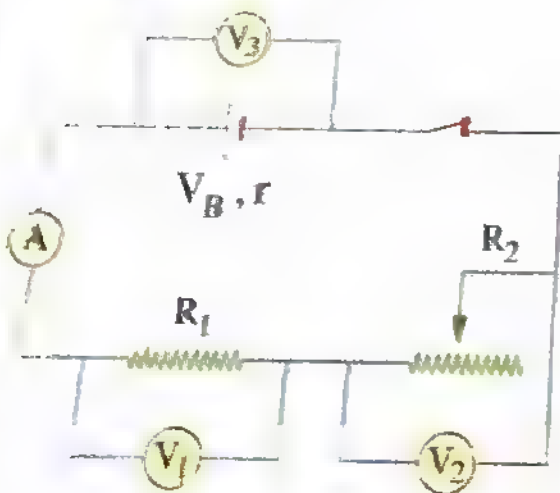
فى الدائرة الموضحة بالشكل ماذا يحدث لقراءة كل من الأجهزة عند تقليل المقاومة المتغيرة (R_2) ؟

(أ) قراءة الأميتر (A).

(ب) قراءة الفولتميتر (V_1).

(ج) قراءة الفولتميتر (V_3).

(د) قراءة الفولتميتر (V_2).



المصدر

(أ) عند تقليل المقاومة المتغيرة R_2 تقل المقاومة المكافئة للدائرة (R) فتزداد شدة التيار المار بالدائرة (I) تبعاً

$$I = \frac{V_B}{R + r} \quad \text{للعلاقة}$$

r تزداد قراءة الأميتر (A).

(ب) عندما تزداد شدة التيار (I) المار في المقاومة الثابتة R_1 يزداد فرق الجهد بين طرفيها (V_1) تبعاً

$$V_1 = IR_1 \quad \text{للعلاقة}$$

r تزداد قراءة الفولتميتر (V_1).

(ج) عندما تزداد شدة التيار (I) المار في الدائرة، يزداد فرق الجهد داخل المصدر (Ir)، ويقل فرق الجهد بين

$$V_3 = V_B - Ir \quad \text{تبعاً للعلاقة}$$

r تقل قراءة الفولتميتر (V_3).

(د) \therefore المقاومتان R_2 ، R_1 متصلتان على التوالي.

$$V_3 = V_1 + V_2$$

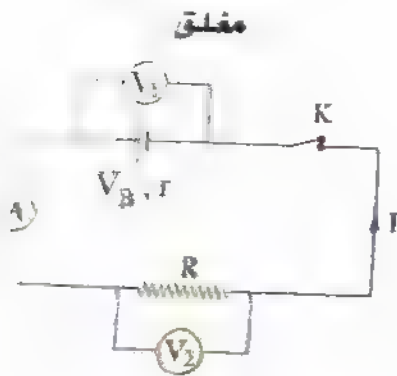
$$V_2 = V_3 - V_1$$

\therefore بتقليل المقاومة المتغيرة R_2 تقل V_3 وتزداد V_1

\therefore تقل قراءة الفولتميتر (V_2).

إرشاد

* في الدائرة الموضحة بالشكل إذا كان المفتاح K :

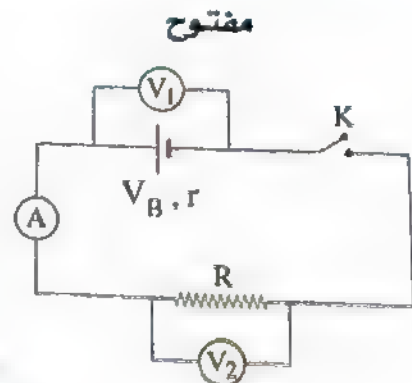


$$I = \frac{V_B}{R + r} = \frac{V_B - V_1}{r} = \frac{V_2}{R}$$

$$V_1 = V_B - Ir$$

$$V_2 = IR$$

شدة التيار الكلي



$$I = 0$$

$$V_1 = V_B$$

$$V_2 = 0$$

فرق الجهد بين طرفي العمود الكهربى

فرق الجهد بين طرفي المقاومة (R)

إذا كانت قراءة الفولتميتر والمفتاح K مفتوح 24 V، وعند غلق المفتاح K أصبحت قراءة الفولتميتر 20 V وقراءة الأميتر 2 A، (1) احسب :

١- القوة الدافعة الكهربائية للعمود الكهربى.

٢- المقاومة الداخلية للعمود الكهربى.

٣- قيمة المقاومة R

(ب) إذا استبدلت المقاومة R بمقاومة 4Ω ، احسب قراءة كل من الأميتر والفولتميتر.

الحل

(1) ١- المفتاح K مفتوح :

$$V_B = V = 24 \text{ V}$$

$$V_B = V + Ir$$

$$24 = 20 + 2r$$

$$r = 2 \Omega$$

$$V = IR$$

$$20 = 2R$$

$$R = 10 \Omega$$

$$I = \frac{V_B}{R + r} = \frac{24}{10 + 2} = 2 \text{ A}$$

(ب)

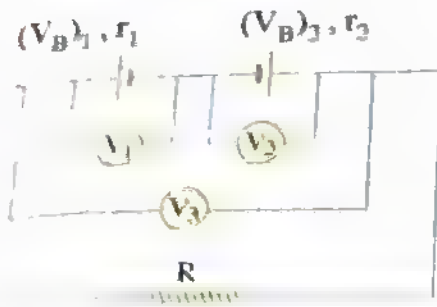
∴ قراءة الأميتر هي 4 A

$$V = V_B - Ir = 24 - (4 \times 2) = 16 \text{ V}$$

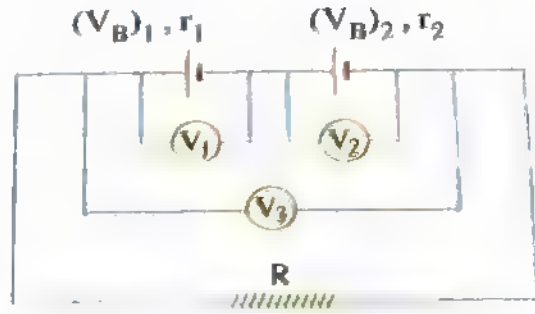
∴ قراءة الفولتميتر هي 16 V

* في حالة دائرة كهربية مغلقة تحتوي على عمودين كهربيين متصلين على التوالي

في اتجاهين متعاكسين
(الأقطاب المتشابهة تتصل معاً)



في نفس الاتجاه
(الأقطاب المختلفة تتصل معاً)



(حيث $(V_B)_2 < (V_B)_1$)

$$I = \frac{(V_B)_1 - (V_B)_2}{R + r_1 + r_2}$$

$$V_1 = (V_B)_1 - Ir_1 \text{ (حالة تفريغ)}$$

$$V_2 = (V_B)_2 + Ir_2 \text{ (حالة شحن)}$$

$$V_3 = V_1 - V_2 = IR$$

مباين

$$I = \frac{(V_B)_1 + (V_B)_2}{R + r_1 + r_2}$$

$$V_1 = (V_B)_1 - Ir_1 \text{ (حالة تفريغ)}$$

$$V_2 = (V_B)_2 - Ir_2 \text{ (حالة تفريغ)}$$

$$V_3 = V_1 + V_2 = IR$$

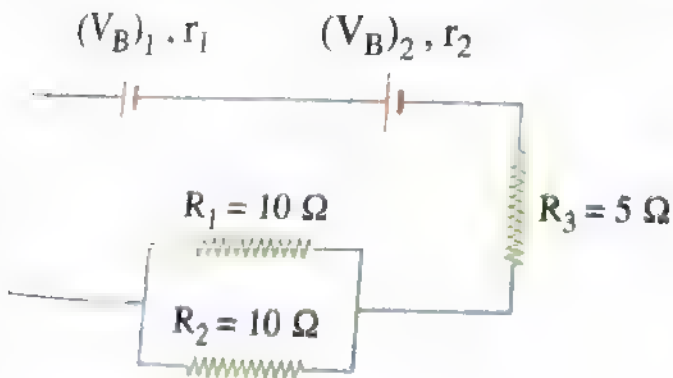
مثال ١

في الدائرة المقابلة، إذا كانت القوة الدافعة الكهربية للعمودين $(V_B)_1 = 10 \text{ V}$ ، $(V_B)_2 = 14 \text{ V}$ والمقاومة الداخلية لهما 0.5Ω ، 1.5Ω على الترتيب،

احسب :

(أ) شدة التيار المار في الدائرة.

(ب) فرق الجهد بين طرفي كل من العمودين.



$$(V_B)_1 = 10 \text{ V} \quad (V_B)_2 = 14 \text{ V} \quad r_1 = 0.5 \Omega \quad r_2 = 1.5 \Omega \quad R_1 = 10 \Omega$$

$$R_2 = 10 \Omega \quad R_3 = 5 \Omega \quad I = ? \quad V_1 = ? \quad V_2 = ?$$

(1)

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + R_3 = \frac{10 \times 10}{10 + 10} + 5 = 10 \Omega$$

$$I = \frac{(V_B)_1 + (V_B)_2}{R + r_1 + r_2} = \frac{10 + 14}{10 + 0.5 + 1.5} = 2 \text{ A}$$

(ب)

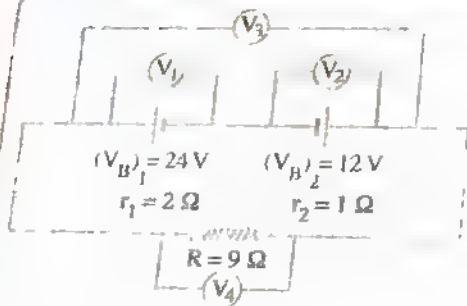
$$V_1 = (V_B)_1 - Ir_1 = 10 - (2 \times 0.5) = 9 \text{ V}$$

$$V_2 = (V_B)_2 - Ir_2 = 14 - (2 \times 1.5) = 11 \text{ V}$$

مثال ٢

مستخدمًا البيانات الموضحة على الشكل المقابل،

احسب قراءة كل من V_4 ، V_3 ، V_2 ، V_1



الحل

$$(V_B)_1 = 24 \text{ V} \quad (V_B)_2 = 12 \text{ V} \quad r_1 = 2 \Omega \quad r_2 = 1 \Omega \quad R = 9 \Omega$$

$$V_1 = ? \quad V_2 = ? \quad V_3 = ? \quad V_4 = ?$$

$$I = \frac{(V_B)_1 - (V_B)_2}{R + r_1 + r_2} = \frac{24 - 12}{9 + 2 + 1} = 1 \text{ A}$$

$$V_1 = (V_B)_1 - Ir_1 = 24 - (1 \times 2) = 22 \text{ V}$$

(حالة تفريغ)

$$V_2 = (V_B)_2 + Ir_2 = 12 + (1 \times 1) = 13 \text{ V}$$

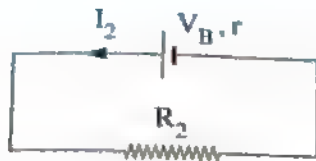
(حالة شحن)

$$V_3 = V_1 - V_2 = 22 - 13 = 9 \text{ V}$$

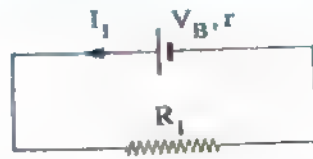
$$V_4 = IR = 1 \times 9 = 9 \text{ V}$$

إرشاد

* عند استبدال المقاومة الخارجيه R_1 والتي يمر بها تيار شدته I_1 بمقاومة أخرى R_2 تتغير شدة التيار في الدائرة إلى I_2 عند توصيلها بنفس البطارية



$$V_B = I_2 (R_2 + r)$$



$$V_B = I_1 (R_1 + r)$$

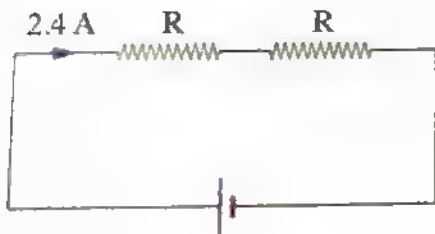
وتحل المعادلتان جبريًا لإيجاد القيم المجهولة

مثال

مقاومتان متماثلتان قيمة كل منهما R عندما وصلتا معًا على التوالي بعمود كهربى مقاومته الداخلية 2Ω يمر بكل منهما تيار شدته 2.4 A وعندما يوصلا معًا على التوازي بنفس المصدر يمر بكل منهما تيار شدته 3 A . احسب قيمة R وكذلك القوة الدافعة الكهربائية للعمود.

الحل

$$r = 2 \Omega \quad I_1 = 2.4 \text{ A} \quad R = ? \quad V_B = ?$$



$$V_B = I_1 (R_1 + r)$$

$$V_B = 2.4 (2R + 2) \quad (1)$$

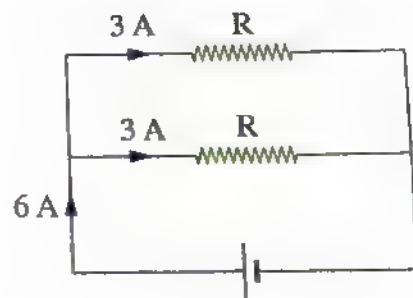
$$2.4 (2R + 2) = 6 \left(\frac{R}{2} + 2 \right)$$

$$4.8R + 4.8 = 3R + 12$$

$$R = 4 \Omega$$

$$V_B = 2.4 ((2 \times 4) + 2)$$

$$= 24 \text{ V}$$



$$I_2 = 2 \times 3 = 6 \text{ A}$$

$$V_B = I_2 (R_2 + r)$$

$$V_B = 6 \left(\frac{R}{2} + 2 \right) \quad (2)$$

من المعادلتين (1) ، (2) :

المعادلة (1) :

10 اختبار نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

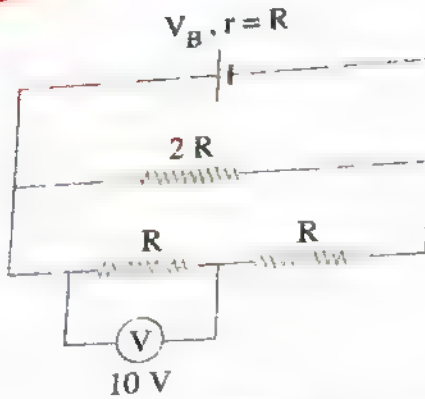
١ في الدائرة الموضحة تكون قيمة V_B هي

١٠ V (أ)

20 V (ب)

30 V (ج)

40 V (د)



٢ ثمانية مصابيح متماثلة متصلة معاً على التوازي وُصلت بمصدر قوته الدافعة الكهربائية 220 V ومقاومته الداخلية 2.5Ω ، فمر في كل مصباح تيار شدته 0.5 A فإن مقاومة المصباح الواحد تساوي

88 Ω (أ)

176 Ω (ب)

440 Ω (د)

420 Ω (ج)

٣ في الشكل المقابل إذا علمت أن البطارية $(V_B)_1$

يتم شحنها بتيار شدته 5 A ، فتكون القوة الدافعة

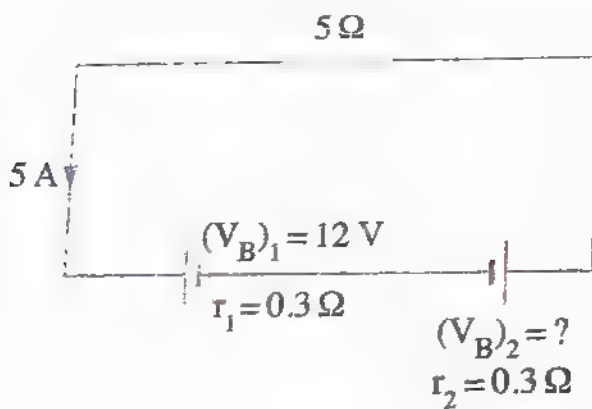
الكهربية للبطارية $(V_B)_2$ هي

40 V (أ)

32 V (ب)

24 V (ج)

16 V (د)





في هذا الدرس سوف نتعرف :

◀ القانون الأول لكيرشوف.

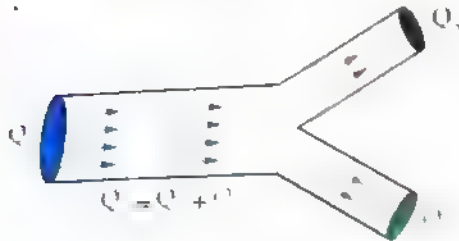
◀ القانون الثاني لكيرشوف.

◀ كيفية حل مسائل كيرشوف.

* هناك دوائر كهربائية معقدة يصعب حلها مباشرةً بتطبيق قانون أوم عليها، لذلك قام العالم الألماني كيرشوف (Kirchhoff) بوضع قانونين يمكن من خلالهما التعامل مع هذه الدوائر وفيما يلي سوف نتناول كل منهما بشيء من التفصيل :

القانون الأول لكيرشوف

* لقد عرفنا أن التيار الكهربى فى الموصلات المعدنية عبارة عن سيل من الإلكترونات السالبة (شحنات كهربية) تنتقل من نقطة لأخرى.



* تبعاً لقانون حفظ الشحنة فإن مقدار الشحنة الكهربائية الداخلة إلى نقطة ما فى زمن معين هو نفس مقدار الشحنة الخارجة من هذه النقطة فى نفس الزمن ولأن شدة التيار تساوى مقدار الشحنات الكهربائية التى تعبر خلال مقطع معين فى الثانية الواحدة، فإن القانون الأول لكيرشوف ينص على :

نص القانون الأول لكيرشوف

مجموع التيارات الكهربائية الداخلة عند نقطة فى دائرة كهربية مغلقة يساوى مجموع التيارات الخارجة منها.
المجموع الجبرى للتيارات عند نقطة فى دائرة مغلقة يساوى صفر.

* تطبيق على القانون الأول لكيرشوف :

٢ المجموع الجبرى للتيارات عند نقطة تفرع فى دائرة مغلقة = صفر



$$\sum I = 0$$

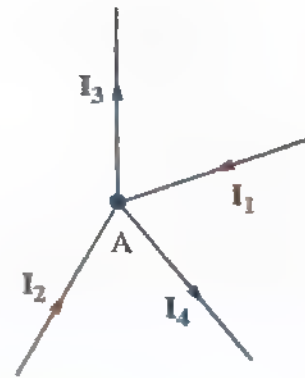
الصيغة الرياضية

عند نقطة التفرع

- التيار الداخل للنقطة تكون إشارته موجبة.
- التيار الخارج من النقطة تكون إشارته سالبة.

$$\therefore I_1 + I_2 - I_3 - I_4 = 0$$

١ مجموع التيارات الداخلة للنقطة = مجموع التيارات الخارجة من النقطة



$$\sum I_{(الداخلة)} = \sum I_{(الخارجة)}$$

حل للنقطة والخارج منها تكون إشارته

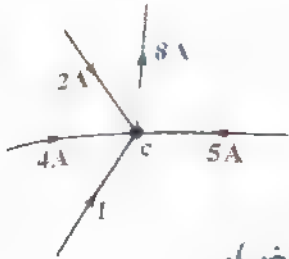
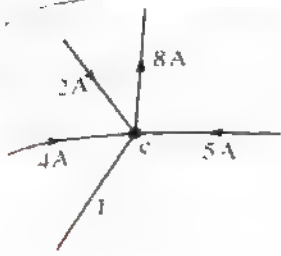
$$\therefore I_1 + I_2 = I_3 + I_4$$

مثال (1)

من الشكل المقابل، احسب مقدار شدة التيار (I) وحدد اتجاهه.

الحل

نعرض اتجاه التيار (I) إلى داخل النقطة (c) طبقا لقانون كيرشوف الاول



$$\sum I_{\text{الداخل}} = \sum I_{\text{الخارج}}$$

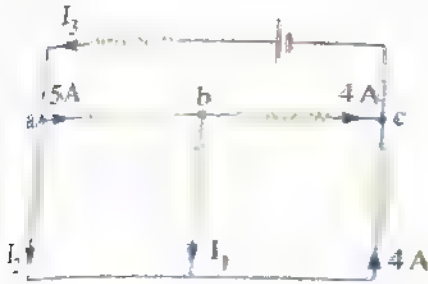
$$4 + 5 + 2 + I = 8$$

$$I = -3 \text{ A}$$

∴ مقدار شدة التيار I يساوى 3 A واتجاهه خارج من النقطة c (عكس الاتجاه الفروض).

مثال (2)

احسب قيم شدة التيارات المجهولة فى الدائرة المبينة بالشكل المقابل.



الحل

عدد النقطة (a) هناك تياران مجهولان I_2 ، I_3 بينما عند كل من النقطتين (b) ، (c) هناك تيار واحد مجهول القيمة I_1 ، I_3 على الترتيب.

التطبيق

عند النقطة (b)

$$5 = I_1 + 4$$

$$I_1 = 1 \text{ A}$$

عند النقطة (c)

$$4 + 4 = I_3$$

$$\therefore I_3 = 8 \text{ A}$$

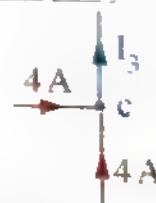
عند النقطة (a)

$$I_3 = 5 + I_2$$

$$8 = 5 + I_2$$

$$\therefore I_2 = 8 - 5 = 3 \text{ A}$$

الرسم



١

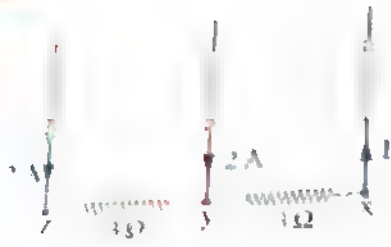
٢

٣

11 اختبار نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

الشكل المقابل يمثل جزء من دائرة كهربائية فإن قيمة كل من $V_{xy} \cdot I$ تساوى



V_{xy}	I	
12 V	2 A	أ
20 V	4 A	ب
12 V	4 A	ج
20 V	2 A	د

القانون الثانى لكيرشوف

* درسنا فيما سبق أن القوة الدافعة الكهربائية لدائرة مغلقة تعبر عن الشغل المبذول لتحريك وحدة الشحنة خلال الدائرة كلها مرة واحدة بينما فرق الجهد الكهربى بين نقطتين يعبر عن الشغل المبذول لتحريك وحدة الشحنة بين هاتين النقطتين (جزء من الدائرة)، وتبعاً لذلك قام كيرشوف بصياغة العلاقة بين فرق الجهد الكهربى (\sum) والقوة الدافعة الكهربائية (V_B) فى قانونه الثانى كما يلى :

نص القانون الثانى لكيرشوف

المجموع الجبرى للقوى الدافعة (المحركة) الكهربائية فى مسار مغلق يساوى المجموع الجبرى لفرق الجهد عبر مكونات (مقاومات) المسار.

أو

المجموع الجبرى لفرق الجهد الكهربى فى مسار مغلق يساوى صفر.

ملاحظات

* عند حل مسائل قانون كيرشوف الثانى لابد من افتراض اتجاه لكل مسار مغلق فى اتجاه عقارب الساعة أو عكس عقارب الساعة.

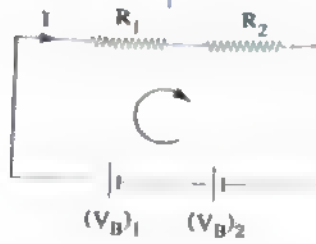
القانون الثانى لكيرشوف على أى مسار مغلق.

القانون الثانى لكيرشوف تطبيقاً لقانون بقاء الطاقة الذى ينص على أنه فى أى مسار مغلق تكون الطاقة الناتجة من المصدر تساوى الطاقة الكهربائية المستهلكة خلال مكونات الدائرة.

* تطبيق على القانون الثانى كيرشوف :

المجموع الجبرى لفروق الجهد الكهربائية
فى مسار مغلق = صفر

المجموع الجبرى للقوة الدافعة الكهربائية
= المجموع الجبرى لفروق الجهد



الصيغة الرياضية

$$\Sigma V = 0$$

$$\Sigma V_B = \Sigma IR$$

وبالتالى

$$\therefore (V_B)_1 + (V_B)_2 - IR_1 - IR_2 = 0$$

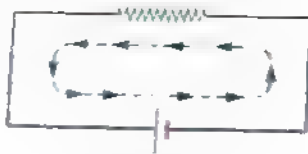
$$\therefore (V_B)_1 + (V_B)_2 = IR_1 + IR_2$$

قاعدة تحديد إشارات فروق الجهد بين طرفى المقاومات والبطاريات

* يجب مراعاة قاعدة الإشارات الآتية عند تطبيق قانون كيرشوف الثانى على مسار مغلق :

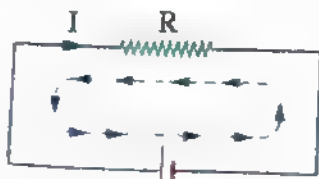
عند استخدام الصيغة الرياضية ($\Sigma V_B = \Sigma IR$)

- إذا كان اتجاه المسار الذى فرضناه من القطب الموجب إلى القطب السالب داخل مصدر الجهد (البطارية) فإن القوة الدافعة الكهربائية لهذا المصدر تأخذ إشارة سالبة.



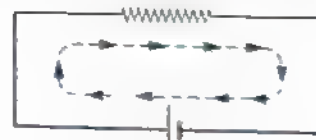
$$V = -V_B$$

- إذا كان اتجاه المسار الذى فرضناه هو عكس اتجاه التيار المار فى مقاومة ما، فإن فرق الجهد بين طرفى هذه المقاومة يأخذ إشارة سالبة.



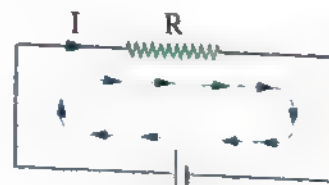
$$V = -IR$$

- إذا كان اتجاه المسار الذى فرضناه من القطب السالب إلى القطب الموجب داخل مصدر الجهد (البطارية) فإن القوة الدافعة الكهربائية لهذا المصدر تأخذ إشارة موجبة.



$$V = V_B$$

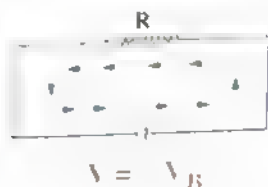
- إذا كان اتجاه المسار الذى فرضناه هو نفس اتجاه التيار المار فى مقاومة ما، فإن فرق الجهد بين طرفى هذه المقاومة يأخذ إشارة موجبة.



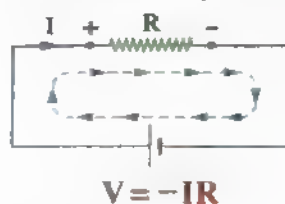
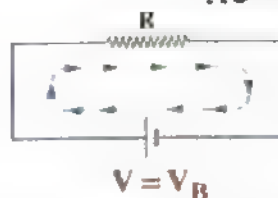
$$V = IR$$

٢ عند استخدام الصيغة الرياضية ($\sum V = 0$)

- إذا كان اتجاه المسار الذي فرضناه من القطب السالب إلى القطب الموجب داخل مصدر الجهد (البطارية) فإن القوة الدافعة الكهربائية لهذا المصدر تأخذ إشارة موجبة.



- إذا كان اتجاه المسار الذي فرضناه هو عكس اتجاه التيار المار في مقاومة ما، فإن فرق الجهد بين طرفي هذه المقاومة يأخذ إشارة سالبة.



مثال

من الدائرة الموضحة،

احسب قيمة V_y ، V_x

الحل

نفرض اتجاهات المسارات كما هو موضح بالدائرة :

بتطبيق قانون كيرشوف الثاني على المسار (adcba)

$$\sum V = 0$$

$$V_x - V_k + V_z = 0$$

$$V_x = 2V$$

$$-V_x + 2 + 4 = 0$$

كيرشوف الثاني على المسار (bcdcb)

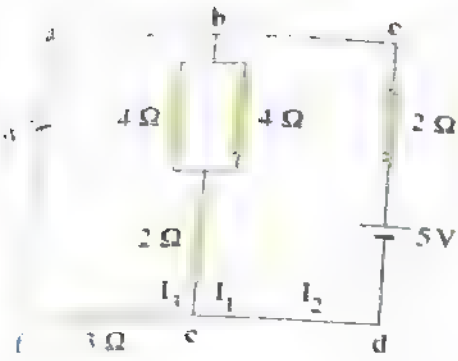
$$V_y - 4 = 0$$

$$V_y - V_z = 0$$

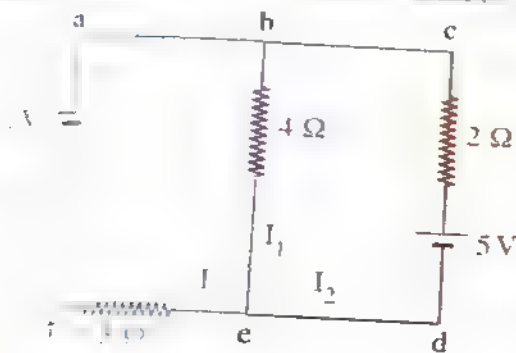
$$V_y = 4V$$

كيفية حل مسائل كيرشوف

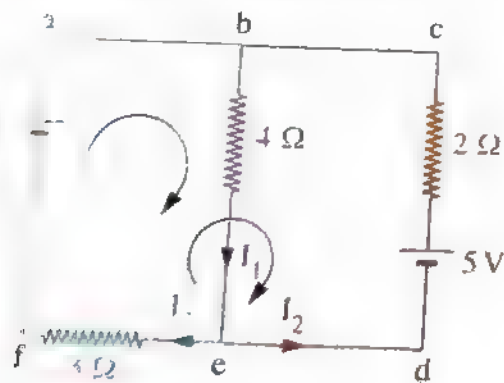
* إذا كان لديك دائرة كهربية كالموضحة بالشكل
فلحساب شدة التيار المار في كل مقاومة نتبع
الخطوات الآتية



* إذا كان هناك مجموعة مقاومات متصلة
معاً على التوالي أو التوازي يفضل إيجاد
المقاومة المكافئة لها قبل البدء في تطبيق
قانوني كيرشوف.

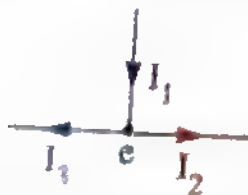


«الكميات المجهولة هي I_1 »



* افرض اتجاهًا معينًا لكل تيار مجهول
«هذه الاتجاهات ليست بالضرورة صحيحة»
* حدد عدد الكميات المجهولة المراد حسابها.
* افرض اتجاهًا لكل مسار مغلق.
«مع عقارب الساعة أو عكس عقارب الساعة»

عند نقطة التفرع (e)



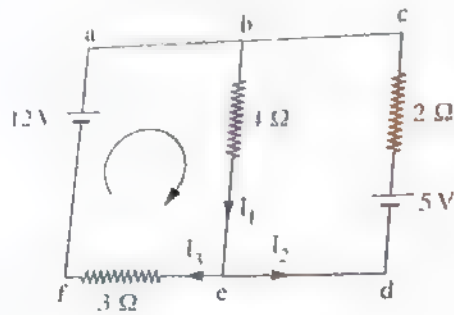
$$I_1 = I_2 + I_3$$

①

* طبق قانون كيرشوف الأول عند نقطة تفرع
التيار بحيث يكون:
$$\sum I_{(الداخلية)} = \sum I_{(الخارجية)}$$

وبذلك تكون قد حصلت على المعادلة الأولى.

عبر المسار (abefa)



$$12 = 4I_1 + 3I_3$$

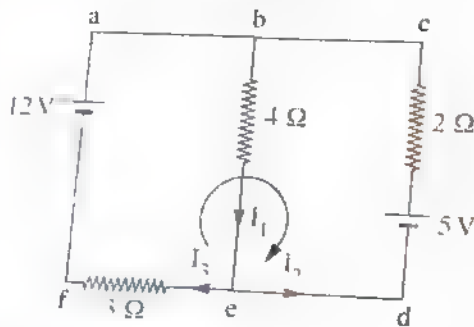
(2)

* اختر مسارًا مغلقًا وطبق قانون كيرشوف الثاني خلاله مع مراعاة قاعدة الإشارات بحيث يكون :

$$\sum V_B = \sum IR$$

وبذلك تكون قد حصلت على المعادلة الثانية.

عبر المسار (abcdefa)



$$12 = 3I_3$$

$$7 = 3I_3$$

(3)

* كرر الخطوة السابقة على عدة مسارات حتى يتساوى عدد المعادلات مع عدد القيم المجهولة.

* حل المعادلات (1)، (2)، (3) آنياً أو باستخدام الآلة الحاسبة وبذلك تكون قد حصلت على القيم

$$I_1 = 1.5 \text{ A} , I_2 = -0.5 \text{ A} , I_3 = 2 \text{ A}$$

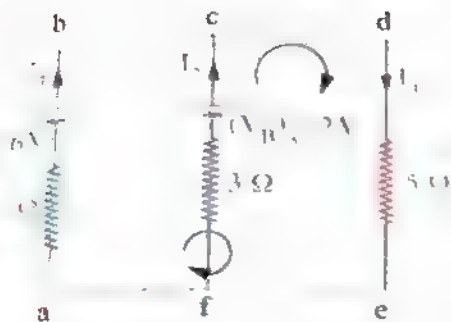
المجهولة، وهي :

* إذا كانت القيمة المحسوبة للتيار :

- موجبة : يكون الاتجاه الصحيح للتيار هو نفس الاتجاه المفروض في البداية.
- سالبة : يكون الاتجاه الصحيح للتيار في عكس الاتجاه المفروض في البداية.

مثال (1)

في الدائرة الموضحة بالشكل المقابل، احسب :
 (1) شدة التيار المار في كل فرع.
 (2) فرق الجهد بين النقطتين a ، b



الحل :

(1) بتطبيق قانون كيرشوف الأول عند النقطة (c)

$$\sum I_{\text{الخارجة}} = \sum I_{\text{الدخلة}}$$

$$I_1 - I_2 = I_3$$

①

بتطبيق قانون كيرشوف الثاني على المسار (abcdefa)

$$\sum V_B = \sum IR$$

$$6 - I_1 \cdot 2 = I_2 \cdot 3 + I_3 \cdot 5$$

②

بتطبيق قانون كيرشوف الثاني على المسار (fedef)

$$\sum V_B = \sum IR$$

$$-I_2 \cdot 3 + I_3 \cdot 5 = 0$$

③

بحل المعادلات ① ، ② ، ③ باستخدام الآلة الحاسبة :

$$I_1 = 1.226 \text{ A}$$

$$I_2 = 0.516 \text{ A}$$

$$I_3 = 0.71 \text{ A}$$

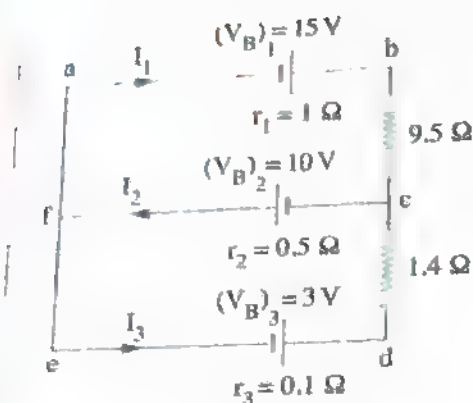
(ب) حساب فرق الجهد بين النقطتين a ، b

$$V_{ab} = (V_B)_1 - I_1 R$$

$$= 6 - (1.226 \times 2) = 3.548 \text{ V}$$

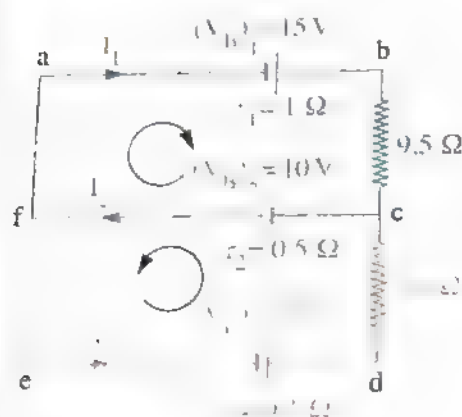
مثال ٢

من الدائرة الموضحة بالشكل المقابل،
احسب قيمة شدة التيار المار في كل فرع.



الصل |

نفرض اتجاهات المسارات
كما هو موضح بالدائرة.



بتطبيق قانون كيرشوف الأول عند النقطة (f)

$$\sum I_{\text{(الداخلية)}} = \sum I_{\text{(الخارجية)}}$$

$$I_2 = I_1 + I_3 \quad (1)$$

$$\sum V_B = \sum IR$$

$$15 + 10 = (1 + 9.5) I_1 + 0.5 I_2$$

$$25 = 10.5 I_1 + 0.5 I_2 \quad (2)$$

$$\sum V_B = \sum IR$$

$$3 + 10 = (0.1 + 1.4) I_3 + 0.5 I_2$$

$$13 = 1.5 I_3 + 0.5 I_2 \quad (3)$$

بتطبيق قانون كيرشوف الثاني على المسار (fabcf)

بتطبيق قانون كيرشوف الثاني على المسار (edcfe)

باستخدام الآلة الحاسبة : (2) ، (3)

$$I_1 = 2 \text{ A} , \quad I_2 = 8 \text{ A} , \quad I_3 = 6 \text{ A}$$

مثال ٣

من الدائرة الموضحة بالشكل المقابل، احسب،

(أ) شدة التيار المار في كل بطارية.

(ب) فرق الجهد بين قطبي كل بطارية.

(ج) فرق الجهد بين طرفي المقاومة 5Ω

الحل:

(١) نفرض اتجاهات التيارات والمسارات

كما هو موضح بالدائرة.

بتطبيق قانون كيرشوف الأول عند النقطة (e)

$$\sum I_{\text{(الداخلة)}} = \sum I_{\text{(الخارجة)}} \quad I_1 + I_2 = I_3 \quad (1)$$

بتطبيق قانون كيرشوف الثاني على المسار (cbagehc)

$$\sum V_B = \sum IR \quad -10 = I_1 - 2I_2 \quad (2)$$

بتطبيق قانون كيرشوف الثاني على المسار (dbagefd)

$$\sum V_B = \sum IR \quad 5 = I_1 + 5I_3 \quad (3)$$

وبحل المعادلات (1)، (2)، (3) باستخدام الآلة الحاسبة :

$$I_1 = -2.35 \text{ A} , \quad I_2 = 3.824 \text{ A} , \quad I_3 = 1.47 \text{ A}$$

(ب) حساب فرق الجهد بين قطبي البطارية 20 V :

$$V_1 = (V_B)_1 - I_1 r_1 = 20 - (-2.35 \times 1) = 22.35 \text{ V}$$

حساب فرق الجهد بين قطبي البطارية 30 V :

$$V_2 = (V_B)_2 - I_2 r_2 = 30 - (3.824 \times 2) = 22.35 \text{ V}$$

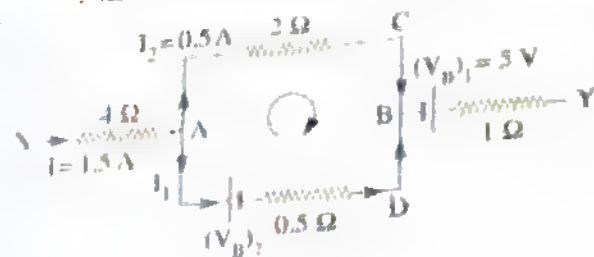
$$V_3 = 15 \text{ V}$$

فرق الجهد بين قطبي البطارية 15 V :

$$V = I_3 \times 5 = 1.47 \times 5 = 7.35 \text{ V}$$

فرق الجهد بين طرفي المقاومة 5Ω :

مثال ٤



الشكل المقابل يمثل جزءاً من دائرة كهربائية، باستخدام قانوني كيرشوف وملتزمًا باتجاهات التيار والمسار والبيانات الموضحة، احسب:

(١) فرق الجهد بين النقطتين X , Y

(٢) قعدك للبطارية $(V_B)_2$.

(مع إهمال المقاومة الداخلية للمصدرين)

الحل

(١) بتطبيق قانون كيرشوف الثاني على المسار (XACBYX)

$$\sum V_B = \sum IR$$

$$5 + V_{XY} = (1.5 \times 4) + (0.5 \times 2) + (1.5 \times 1)$$

$$V_{XY} = 3.5 \text{ V}$$

(٢) بتطبيق قانون كيرشوف الأول عند النقطة (A)

$$\sum I_{\text{الدخول}} = \sum I_{\text{الخروج}}$$

$$1.5 = I_1 + 0.5 \quad \therefore \quad I_1 = 1 \text{ A}$$

بتطبيق قانون كيرشوف الثاني على المسار (ACBDA)

$$(V_B)_2 = (0.5 \times 2) - (1 \times 0.5) = 0.5 \text{ V}$$

١٢ اختبار نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة:

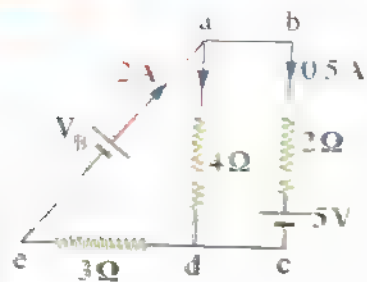
١ في الشكل الموضح تكون قيمة V_B هي

٤ V (أ)

8 V (ب)

12 V (ج)

18 V (د)



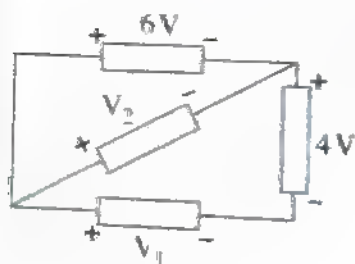
٢ في الدائرة الموضحة، تكون قيمة V_1 هي

4 V (أ)

6 V (ب)

8 V (ج)

10 V (د)



الوحدة الأولى
الكهربية الثابتة
والتيار الكهربائي

الفصل

2

التأثير المغناطيسي للتيار الكهربائي وأجهزة القياس الكهربائي

الدروس الأولى

الدروس الثانية

الدروس الثالثة

الدروس الرابعة

التأثير المغناطيسي للتيار الكهربائي

تأثير التيار الكهربائي على المغناطيس

القوة المغناطيسية

أجهزة القياس الكهربائي



التأثير المغناطيسي للتيار الكهربائي



في هذا الدرس سوف نتعرف :

1- المجال المغناطيسي.

2- المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور تيار كهربائي في سلك مستقيم.

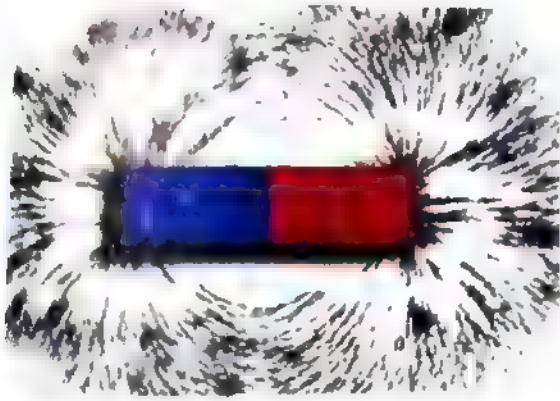
3- المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور تيارين في سلكين متوازيين.

• عند وضع حشر حشري يحسب الأجسام التي تحتوي على حديد كديابيس الورق والمسامير، ويسمى المنطقة المحيطة
• بحديد والتي يظهر فيها تأثيره على هذه الأجسام بالمجال المغناطيسي للمغناطيس.



• عند وضع لقطاب مغناطيسية المتشابهة تتنافر والقطاب
مغناطيسية المختلفة تتجاذب» لذلك عند تعليق مغناطيس حر
سلكه سر متدفع فإن حد قطبيه يشير الى اتجاه الشمال
معدسمى ويسمى القطب الباحث عن الشمال أو اختصاراً
لقطب الشمالي للمغناطيس بينما يشير القطب الآخر إلى اتجاه
جنوب مغناطيسي ويسمى القطب الباحث عن الجنوب أو
ختصاراً القطب الجنوبي للمغناطيس.

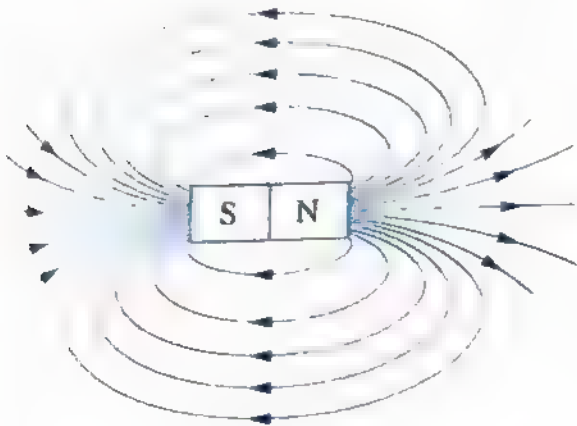
ويسمى مستوى سى يستقر فيه المغناطيس مستوى الزوال المغناطيسي (فكرة عمل البوصلة).



تخطيط المجال المغناطيسي لقطب مغناطيسي

• عند نشر برادة حديد على لوح ورق مقوى ووضع قضيب
مغناطيسي فوق اللوح ثم الصق على لوح الورق طرقات
خفيفة لترتب برادة الحديد على هيئة خطوط منحنية تسمى
خطوط الفيض المغناطيسي (خطوط المجال المغناطيسي).

خواص خطوط الفيض المغناطيسي



1 تتجه من القطب الشمالي للمغناطيس إلى القطب
الجنوبي للمغناطيس خارج المغناطيس ومن القطب
الجنوبي للمغناطيس إلى القطب الشمالي للمغناطيس
داخل المغناطيس، أي أنها تُكوّن مسارات مغلقة.

• تتباعد بعضها.

• تتباعد عند قطبي المغناطيس وتتباعد بالبعد عن القطبين.

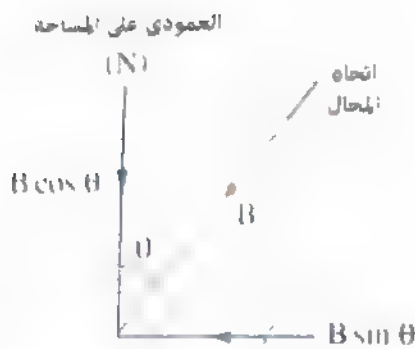
• في المجال المغناطيسي عند أي نقطة هو المماس لخط المجال عند تلك النقطة.

الفيض المغناطيسي Magnetic flux

* يُعبر عن شدة المجال المغناطيسي عند نقطة بكثافة الفيض المغناطيسي عند تلك النقطة (B)

كثافة الفيض المغناطيسي عند نقطة (B)

الفيض المغناطيسي لوحدة المساحات العمودية على خطوط الفيض المحيطة بتلك النقطة.



* إذا وُضع سطح مساحته A في مجال مغناطيسي،

فإن الفيض المغناطيسي (ϕ_m) خلال السطح

$$\phi_m = BA \cos \theta$$

يتعين من العلاقة

حيث: (θ) الزاوية المحصورة بين اتجاه المجال

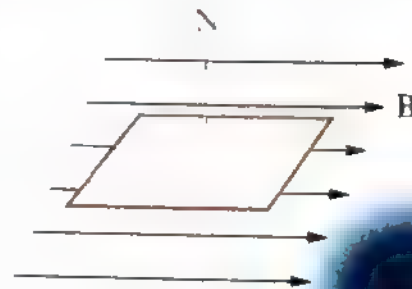
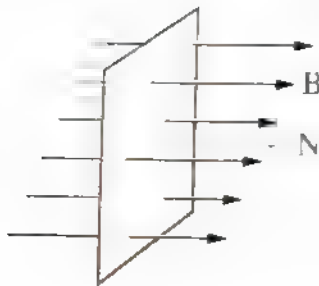
والعمودي على المساحة (N).

فإذا كانت خطوط الفيض

$\theta = 0^\circ$

عمودية على المساحة : $\theta = 90^\circ$

موازية للمساحة .



فإن

$$\phi_m = BA \cos 0 = BA$$

$$\phi_m = BA \cos 90 = 0$$

أي يكون الفيض المغناطيسي خلال هذه المساحة قيمة عظمى

يساوي الصفر المغناطيسي خلال هذه المساحة

المغناطيسي (ϕ_m) هي الوبر ("Wb" Weber)

الفيض المغناطيسي أو شدة المجال المغناطيسي (B) هي الوبر/متر² (Wb/m^2) وتكافئ التسلا ("T" Tesla)

مثال

ملف مساحة مقطعه 0.3 m^2 وضع في مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه 0.05 T ،

احسب الفيض المغناطيسي الذي يمر خلال مقطع الملف إذا كان الملف :

(1) عمودي على الفيض.

(ج) يصنع زاوية 30° مع الفيض.

الحل

$$A = 0.3 \text{ m}^2 \quad B = 0.05 \text{ T} \quad \phi_m = ?$$

$$\phi_m = BA \cos \theta = 0.05 \times 0.3 \times \cos 0 = 0.015 \text{ Wb} \quad (1)$$

$$\phi_m = 0 \quad (ب)$$

$$\phi_m = 0.05 \times 0.3 \times \cos 60 = 7.5 \times 10^{-3} \text{ Wb} \quad (ج)$$

إرشاد

* إذا دار الملف بزاوية θ من الوضع

الموازي للمجال



$$\phi_m = BA \cos (90 - \theta)$$

العمودي على المجال



$$\phi_m = BA \cos \theta$$

تأين

مثال

ملف مساحته 2 m^2 وضع في مجال مغناطيسي كثافة فيضه 0.05 Wb/m^2 ،

احسب الفيض المغناطيسي عندما يدور الملف :

(أ) بزاوية 30° مبتدئاً من الوضع العمودي على المجال.

(ب) بزاوية 30° مبتدئاً من الوضع الموازي للمجال.

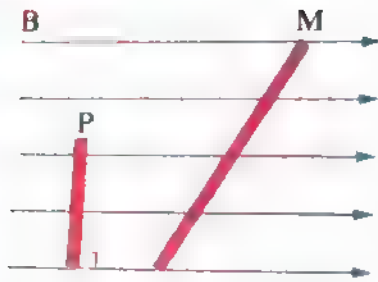
الحل

$$A = 2 \text{ m}^2 \quad B = 0.05 \text{ Wb/m}^2 \quad \phi_m = ?$$

$$\phi_m = BA \cos \theta = 0.05 \times 2 \times \cos 30 = 0.087 \text{ Wb}$$

$$\phi_m = BA \cos (90 - \theta) = 0.05 \times 2 \times \cos 60 = 0.05 \text{ Wb}$$

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :



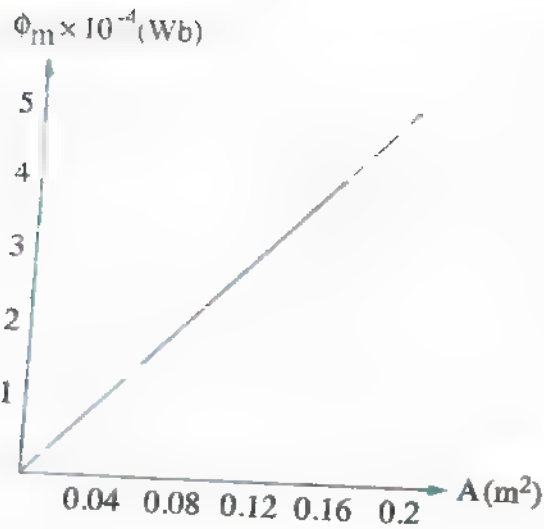
1 في الشكل المقابل إذا كانت مساحة الملف M ضعف مساحة الملف P والملف M يصنع زاوية 60° مع اتجاه المجال فإن نسبة الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف M إلى الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف P تساوى

0.577 (أ)

0.866 (ب)

1.732 (ج)

3.464 (د)



2 وُضعت عدة ملفات مستطيلة مختلفة المساحة كل على حدة في مجال مغناطيسي منتظم بحيث يميل كل منها على اتجاه المجال بزاوية 60° ، والشكل البياني المقابل يوضح العلاقة بين الفيض الكلي المار خلال الملف (Φ_m) ومساحة الملف (A)، فتكون كثافة الفيض المغناطيسي المؤثر على جميع الملفات هي

$2.5 \times 10^{-3} \text{ T}$ (أ)

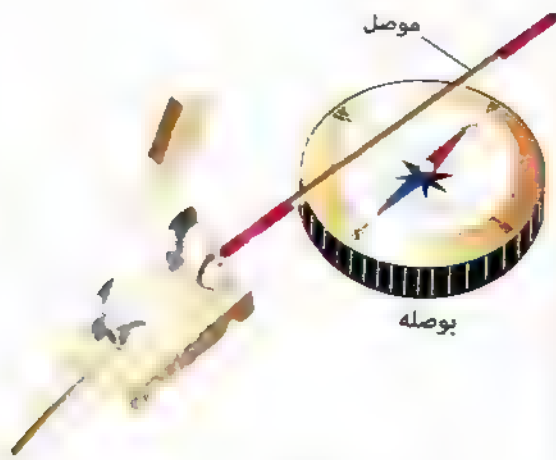
$2.75 \times 10^{-3} \text{ T}$ (ب)

$2.89 \times 10^{-3} \text{ T}$ (ج)

$5 \times 10^{-3} \text{ T}$ (د)

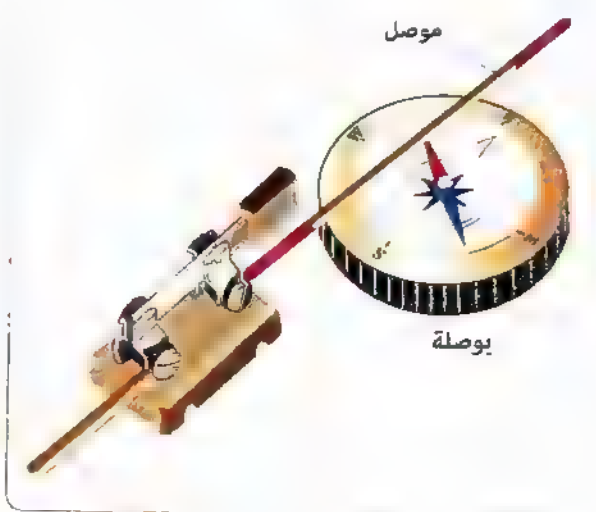
التأثير المغناطيسى للتيار الكهربى

* متلما يوجد مجال مغناطيسى حول مغناطيس فإن مرور التيار الكهربى فى موصل يُنشئ مجال مغناطيسى حول هذا الموصل وهو ما يطلق عليه التأثير المغناطيسى للتيار الكهربى وهذا ما اكتشفه العالم الدنماركى هانز أورستد عام ١٨١٩م عندما وضع إبرة بوصلة صغيرة فوق أو أسفل سلك يمر به تيار كهربى ومحور موازى له فلاحظ انحراف إبرة البوصلة (شكل ١١) وعندما قطع التيار الكهربى استعادت إبرة البوصلة اتجاهها الأصى (شكل ١٢).



تشير الإبرة إلى اتجاهها الطبيعى فى حالة فتح الدارة

شكل (٢)



يمر تيار فتتحرف إبرة البوصلة

شكل (١١)

* فيما يلى سندرس المجال المغناطيسى الناشئ عن مرور تيار كهربى فى موصل على هيئة :

ملف لولبى

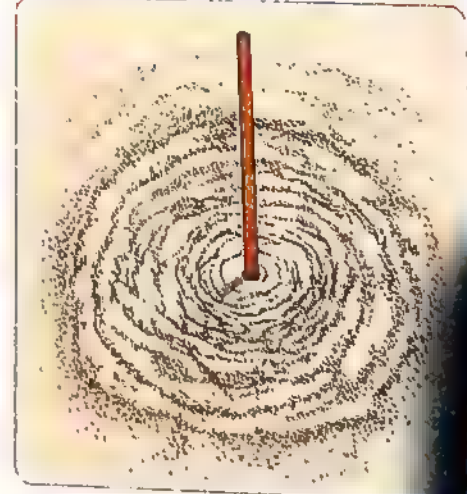
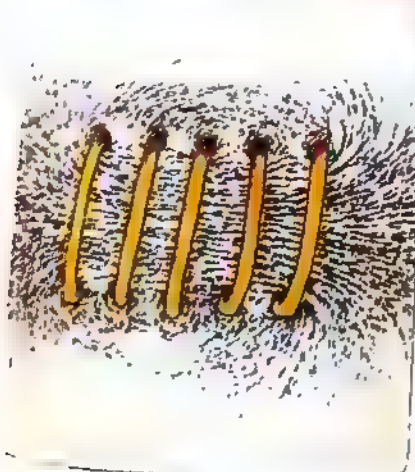
ثالثاً

ملف دائرى

ثانياً

سلك مستقيم

أولاً



المجال المغناطيسي الناتج عن مرور تيار كهربائي في سلك مستقيم

شكل خطوط المجال المغناطيسي

لتعرف على شكل خطوط الفيض المغناطيسي نجري الخطوات الآتية

١

انشر برادة حديد على لوح من الورق المقوى موضوع أفقياً
ويخترقه سلك مستقيم يمر به تيار كهربائي في وضع رأسي،
واطرق لوح الورق طرقات خفيفة.

الملاحظة : تترب برادة الحديد على هيئة دوائر متحدة المركز
ومركزها السلك بحيث تتراحم الدوائر بالقرب من السلك
وتبتاعد بينها عنه كما بالشكل.

٢

قم بزيادة شدة التيار الكهربائي المار في السلك، واطرق لوح
الورق مرة أخرى.

الملاحظة : يزداد تراحم الدوائر حول السلك.

الاستنتاج

١

تعبير الدوائر عن خطوط الفيض المغناطيسي.

٢

تتراحم خطوط الفيض المغناطيسي لنفس التيار بالقرب من
السلك وتبتاعد عن بعضها بزيادة البعد عن السلك،

أي أنه كثافة الفيض المغناطيسي عند أي نقطة تتناسب عكسياً
مع بعدها العمودي عن محور السلك ($B \propto \frac{1}{d}$).

٣

يزداد تراحم خطوط الفيض المغناطيسي على نفس البعد

العمودي عن السلك عند زيادة شدة التيار الكهربائي المار في

السلك أي أن شدة المجال المغناطيسي تزداد بزيادة

شدة التيار المار في السلك وتقل بنقص شدة التيار

$$B \propto I$$

حساب كثافة الفيض المغناطيسي

* عند مرور تيار كهربى شدته I فى سلك مستقيم فإن كثافة الفيض المغناطيسى (B) عند نقطة بُعدها العمودى عن محور السلك d :

$$B \propto I$$

- تتناسب طردياً مع شدة التيار الكهربى المار فى السلك :

$$B \propto \frac{1}{d}$$

- تتناسب عكسياً مع البُعد العمودى عن محور السلك :

$$\therefore B \propto \frac{I}{d}$$

$$\therefore B = \text{constant} \times \frac{I}{d}$$

$$\therefore B = \frac{\mu I}{2 \pi d}$$

معامل النفاذية المغناطيسية لوسط (μ)

قابلية الوسط لنفاذ الفيض المغناطيسى خلاله.

وتسمى هذه العلاقة قانون أمبير الدائرى،

حيث : (μ) معامل النفاذية المغناطيسية

للولوسط وهو ثابت للوسط الواحد.

وحدة قياسه هي تسلا. متر/ أمبير ($T.m/A$) وتكافئ وبر/ أمبير. متر ($Wb/A.m$)

* معامل النفاذية المغناطيسية للهواء $4 \pi \times 10^{-7} Wb/A.m$

$$B = \frac{4 \pi \times 10^{-7} I}{2 \pi d} = 2 \times 10^{-7} \frac{I}{d}$$

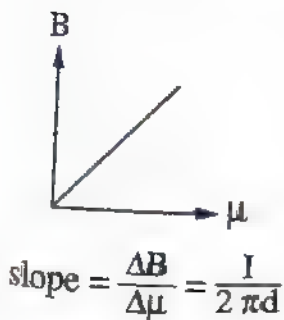
فتصبح كثافة الفيض المغناطيسى فى الهواء :

العوامل التى تتوقف عليها كثافة الفيض المغناطيسى

معامل النفاذية المغناطيسية

للولوسط :

تتناسب كثافة الفيض المغناطيسى تناسباً طردياً مع معامل النفاذية المغناطيسية للولوسط.
(ثابت للوسط الواحد)



شدة التيار :

تتناسب كثافة الفيض المغناطيسى تناسباً طردياً مع شدة التيار المار فى السلك.

$$\text{slope} = \frac{\Delta B}{\Delta I} = \frac{\mu}{2 \pi d}$$

البُعد العمودى للنقطة عن محور السلك :

تتناسب كثافة الفيض المغناطيسى تناسباً عكسياً مع البُعد العمودى للنقطة عن محور السلك.

$$\text{slope} = \frac{\Delta B}{\Delta(\frac{1}{d})} = \frac{\mu I}{2 \pi}$$



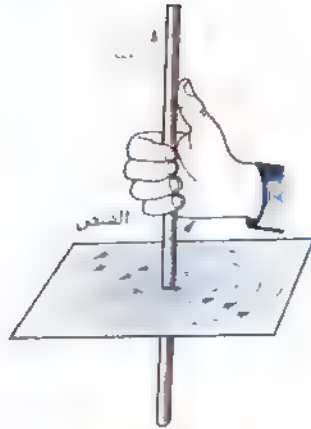
قاعدة اليد اليمنى للأمير

الاستخدام

تحديد اتجاه خطوط الفيض (المجال) المغناطيسي الناشئ عن مرور تيار كهربى فى سلك مستقيم.

نص القاعدة (طريقة الاستخدام)

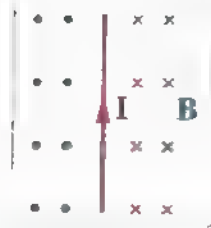
تخيل أنك تقبض باليد اليمنى على السلك بحيث يشير الإبهام لاتجاه التيار فإن اتجاه التفاف باقى الأصابع يشير لاتجاه الفيض المغناطيسى.



ملاحظات

- * ينصح ببناء المساكن بعيداً عن أبراج الضغط الكهربى العالى، **لتقليل** تأثير المجال المغناطيسى الضار على الصحة والبيئة حيث إن كثافة الفيض المغناطيسى تقل بزيادة البُعد عن مصدر التيار حيث $(B \propto \frac{1}{d})$.
- * عند تحديد اتجاه المجال المغناطيسى الناشئ عن مرور تيار كهربى فى سلك مستقيم عندما نقوم برسم السلك :

1 فى مستوى الصفحة



تشير العلامة



إلى أن خطوط الفيض المغناطيسى عمودية على الصفحة وإلى الخارج

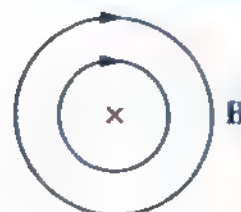
إلى أن خطوط الفيض المغناطيسى عمودية على الصفحة وإلى الداخل



تشير العلامة



إلى أن اتجاه التيار لخارج الصفحة



إلى أن اتجاه التيار لداخل الصفحة

* عند وضع إبرة مغناطيسية في مجال مغناطيسي فإنها تتخذ اتجاه هذا المجال، فإذا وُضعت في :

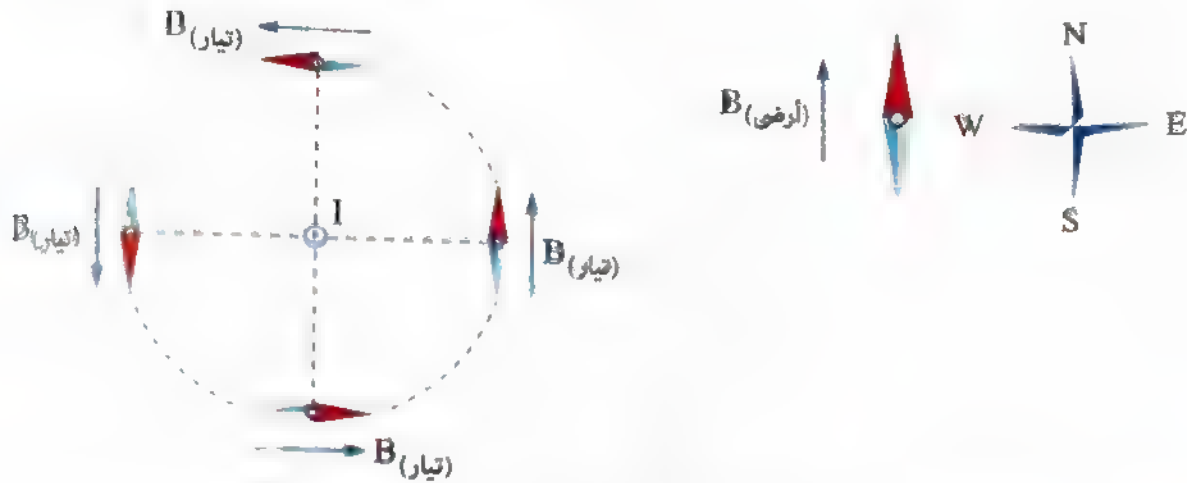
١ المجال المغناطيسي للأرض .

تشير لاتجاهي الشمال والجنوب الجغرافي المغناطيسي.

٢ المجال المغناطيسي الناشئ عن تيار كهربائي يمر في

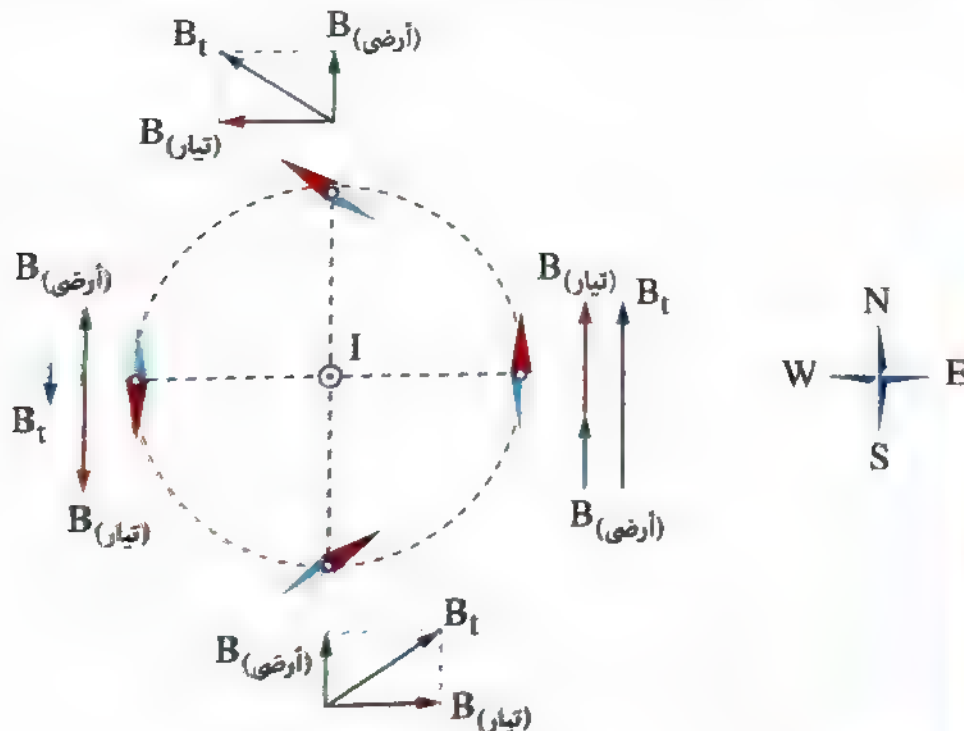
سلك مستقيم :

تشير لاتجاه المجال المغناطيسي عند كل نقطة وهو اتجاه المماس لخط الفيض عند هذه النقطة.



٣ المجالين معاً (المجال المغناطيسي للأرض والمجال المغناطيسي الناشئ عن تيار كهربائي يمر في سلك مستقيم).

تشير الإبرة إلى اتجاه محصلة كثاقتي الفيض فإذا كانت كثافة الفيض المغناطيسي الناشئ عن مرور التيار في السلك أكبر من كثافة الفيض المغناطيسي للأرض يكون اتجاه المحصلة كالتالي :



مثال

احسب كثافة الفيض المغناطيسى عند نقطة فى الهواء على بُعد 10 cm من محور سلك مستقيم طويل يمر به تيار شدته 10 A (علماً بأن : $\mu = 4 \pi \times 10^{-7} \text{ Wb/A.m}$)

الحل

$$d = 0.1 \text{ m} \quad I = 10 \text{ A} \quad \mu = 4 \pi \times 10^{-7} \text{ Wb/A.m} \quad B = ?$$

$$B = \frac{\mu I}{2 \pi d} = \frac{4 \pi \times 10^{-7} \times 10}{2 \pi \times 0.1} = 2 \times 10^{-5} \text{ T}$$

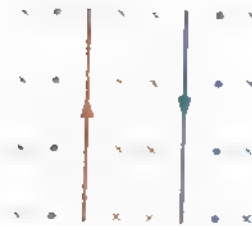
كثافة الفيض المغناطيسى الناشئ عن مرور تيارين فى سلكين متوازيين

إذا كان التياران الماران فى السلكين :

فى اتجاهين متضادين

فى نفس الاتجاه

شكل المجال



كثافة الفيض عند أى نقطة تقع بين السلكين

- يكون اتجاه خطوط المجال بين السلكين فى نفس الاتجاه، فتكون محصلة كثافة الفيض عند نقطة تقع بين السلكين :

$$B_t = B_1 + B_2$$

- يكون اتجاه خطوط المجال بين السلكين فى اتجاهين متضادين، فتكون محصلة كثافة الفيض عند نقطة تقع بين السلكين :

$$B_t = B_1 - B_2 \quad (B_1 > B_2 \text{ أن يفرض})$$

كثافة الفيض عند أى نقطة تقع خارج المنطقة بين السلكين

- يكون اتجاه خطوط المجال خارج المنطقة بين السلكين فى اتجاهين متضادين، فتكون محصلة كثافة الفيض عند نقطة تقع خارج المنطقة بين السلكين :

$$B_t = B_1 - B_2 \quad (B_1 > B_2 \text{ أن يفرض})$$

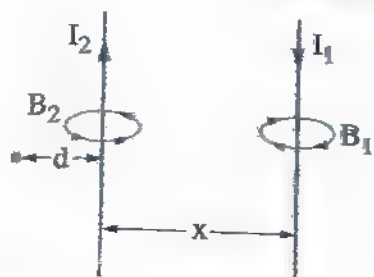
- يكون اتجاه خطوط المجال خارج السلكين فى نفس الاتجاه، فتكون محصلة كثافة الفيض عند نقطة تقع خارج السلكين :

$$B_t = B_1 + B_2$$

نقطة التعادل
(نقطة تنعدم عندها كثافة الفيض المغناطيسي)

تقع في المنطقة بين السلكين عندما تكون $B_1 = B_2$ وبذلك تكون : $B_1 = B_2 = 0$
تقع خارج المنطقة بين السلكين عندما تكون $B_1 = B_2$ وبذلك تكون : $B_1 = B_2 = 0$

ويمكن حساب بُعد نقطة التعادل كما يلي

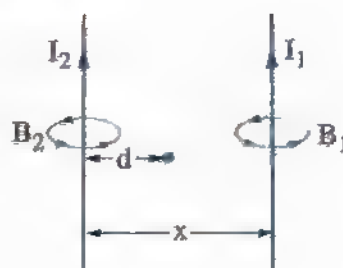


$$B_1 = \text{zero}$$

$$B_1 = B_2$$

$$\mu \frac{I_1}{2\pi(x+d)} = \mu \frac{I_2}{2\pi d}$$

$$\frac{I_1}{x+d} = \frac{I_2}{d}$$



$$B_1 = \text{zero}$$

$$B_1 = B_2$$

$$\mu \frac{I_1}{2\pi(x-d)} = \mu \frac{I_2}{2\pi d}$$

$$\frac{I_1}{x-d} = \frac{I_2}{d}$$

(حيث : d) بُعد نقطة التعادل عن السلك ذي التيار الأقوى

مما سبق نستنتج ان :

- إذا مر في سلكين تياران مختلفان تكون نقطة التعادل دائماً أقرب السلك الذي يمر به تيار أقل.
- نقطة التعادل لسلكين متوازيين يمر بكل منهما تيار كهربائي في نفس الاتجاه تقع في المنطقة بين السلكين، **للولد** مجالين مغناطيسيين متضادين عند أي نقطة بين السلكين فيتكون نقطة التعادل في المنطقة بين السلكين عندما يلاشي تأثير كل منهما تأثير الآخر.
- نقطة التعادل لسلكين متوازيين يمر بكل منهما تيار كهربائي في اتجاهين متضادين تقع خارج المنطقة بين السلكين، **للولد** مجالين مغناطيسيين متضادين عند أي نقطة خارج المنطقة بين السلكين فيتكون نقطة التعادل خارج المنطقة بين السلكين عندما يلاشي تأثير كل منهما تأثير الآخر.
- نقطة التعادل بين سلكين تقع في منتصف المسافة بينهما، عندما يمر في السلكين نفس التيار وفي نفس الاتجاه.
- لا تتكون نقطة تعادل لسلكين إذا مر في السلكين تياران متساويان في الشدة ومتضادان في الاتجاه، لأن عند أي نقطة خارج السلكين تكون كثافة الفيض الناشئة عن السلك الأول لا تساوي كثافة الفيض الناشئة عن السلك الثاني لاختلاف المسافة بين كل من السلكين وتلك النقطة.

مثال ١

سلكان مستقيمان متوازيان وضعا في الهواء على بُعد 30 cm من بعضهما، يمر في أحدهما تيار كهربى شدته 40 A ويمر في الثانى تيار كهربى شدته 20 A، احسب كثافة الفيض المغناطيسى المتولد عند نقطة بينهما تبعد 20 cm عن السلك الأول عندما يكون التياران الماران في السلكين :

(أ) في اتجاه واحد.

(ب) في اتجاهين متضادين.

(علماً بأن : $\mu = 4 \pi \times 10^{-7} \text{ Wb/A.m}$)

الحل

$$I_1 = 40 \text{ A} \quad I_2 = 20 \text{ A} \quad x = 0.3 \text{ m} \quad d_1 = 0.2 \text{ m}$$

$$\mu = 4 \pi \times 10^{-7} \text{ Wb/A.m} \quad B_t = ?$$

$$B = \frac{\mu I}{2 \pi d}$$

$$B_1 = \frac{4 \pi \times 10^{-7} \times 40}{2 \pi \times 0.2} = 4 \times 10^{-5} \text{ T}$$

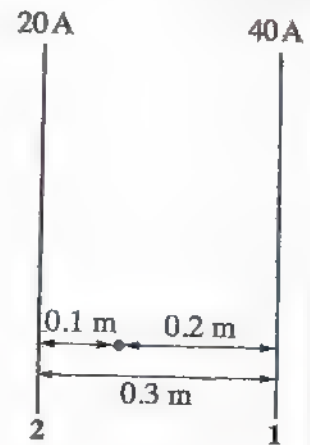
$$B_2 = \frac{4 \pi \times 10^{-7} \times 20}{2 \pi \times 0.1} = 4 \times 10^{-5} \text{ T}$$

$$B_t = B_1 - B_2 = 0$$

(أ)

$$B_t = B_1 + B_2 = 8 \times 10^{-5} \text{ T}$$

(ب)



سلكان مستقيمان متوازيان وضعا في الهواء على بُعد 0.3 m من بعضهما، يمر في أحدهما تيار شدته 2 A ويمر بالآخر تيار شدته

2 A، احسب كثافة الفيض المغناطيسى المتولد عند نقطة بينهما تبعد 0.1 m عن السلك الأول عندما يكون التياران الماران في السلكين :

(أ) في اتجاه واحد.

(ب) في اتجاهين متضادين.

$$x = 0.3 \text{ m} \quad I_1 = 2 \text{ A} \quad I_2 = 3 \text{ A} \quad d_1 = ? \quad d_2 = ?$$

$$B_1 = B_2$$

$$\frac{I_1}{d_1} = \frac{I_2}{d_2}$$

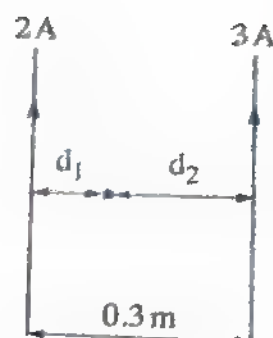
$$\frac{2}{d_1} = \frac{3}{0.3 - d_1}$$

$$3d_1 = 0.6 - 2d_1$$

$$5d_1 = 0.6$$

$$\therefore d_1 = 0.12 \text{ m}$$

$$\therefore d_2 = 0.3 - 0.12 = 0.18 \text{ m}$$



(1)

\therefore نقطة التعادل على بُعد 0.12 m من السلك الأول و 0.18 m من السلك الثاني.

$$B_1 = B_2$$

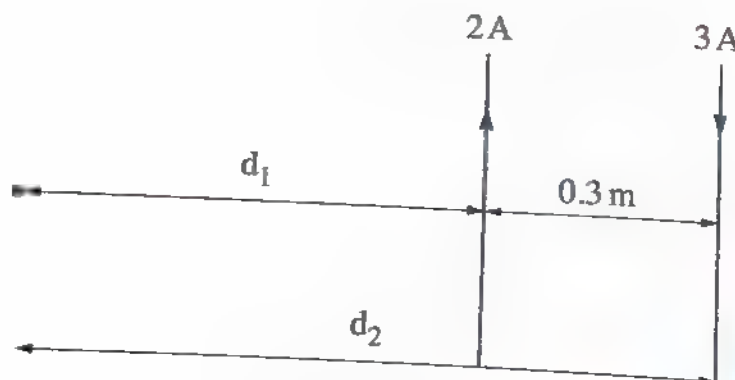
$$\frac{I_1}{d_1} = \frac{I_2}{d_2}$$

$$\frac{2}{d_1} = \frac{3}{0.3 + d_1}$$

$$3d_1 = 0.6 + 2d_1$$

$$d_1 = 0.6 \text{ m}$$

$$\therefore d_2 = 0.3 + 0.6 = 0.9 \text{ m}$$



(ب)

\therefore نقطة التعادل على بُعد 0.6 m من السلك الأول و 0.9 m من السلك الثاني.

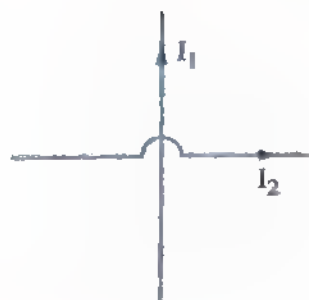
نصائح إرشاد

• لتعيين محصلة كثافة الفيض المغناطيسي عند نقطة والناشئ عن سلكين متوازيين يحملان تياراً كهربائياً، نستخدم قاعدة اليد اليمنى لتمييز اتجاه الحيز المغناطيسي الناشئ عن كل سلك على حدة. هذه النقطة، فإذا كان السلكان

في مستويين متعامدين



في مستوى واحد



فإن محصلة كثافة الفيض المغناطيسي

- أي نقطة -

- نقطة معينة :

$$B_t = \sqrt{B_1^2 + B_2^2}$$

• إذا كان اتجاهي كثافة الفيض في نفس الاتجاه :

$$B_t = B_1 + B_2$$

• إذا كان اتجاهي كثافة الفيض في اتجاهين متضادين :

$$B_t = B_1 - B_2$$

نقطة التعادل

- لا توجد نقطة تعادل حول السلكين حيث إن اتجاهي

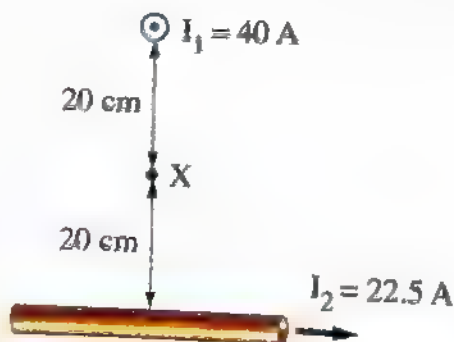
- يمكن أن توجد نقطتا تعادل حول السلكين.

كثافة الفيض دائماً متعامدين على بعضهما البعض.

مثال

سلكان متوازيان طويلان يحملان تياراً كهربائياً. المسافة بينهما 40 cm، نريد إيجاد محصلة كثافة الفيض المغناطيسي عند النقطة X.

$$(\mu_{\text{هواء}}) = 4 \pi \times 10^{-7} \text{ Wb/A.m}$$



(ب) الحل

$$I_1 = 40 \text{ A} \quad I_2 = 22.5 \text{ A} \quad d_1 = 20 \text{ cm} \quad d_2 = 20 \text{ cm} :$$

$$\mu_{(v\text{ac})} = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Wb/A.m} \quad B_t = ?$$

$$B = \frac{\mu I}{2\pi d}$$

$$B_1 = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 40}{2\pi \times 20 \times 10^{-2}}$$

$$= 4 \times 10^{-5} \text{ T}$$

اتجاهه عند النقطة X فى مستوى الصفحة جهة اليمين.

$$B_2 = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 22.5}{2\pi \times 20 \times 10^{-2}}$$

$$= 2.25 \times 10^{-5} \text{ T}$$

اتجاهه عند النقطة X عمودى على الصفحة إلى الخارج.

∴ المجالين المغناطيسيين للسلكين متعامدين.

$$\therefore B_t = \sqrt{B_1^2 + B_2^2}$$

$$= \sqrt{(4 \times 10^{-5})^2 + (2.25 \times 10^{-5})^2}$$

$$= 4.6 \times 10^{-5} \text{ T}$$

14 اختبار نفسك

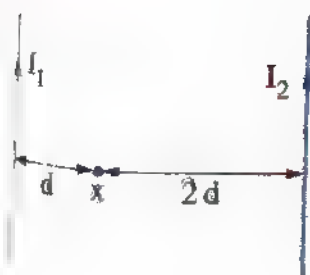
اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

في الشكل المقابل سلكان طويلان جداً ومتوازيان فإذا كانت محصلة

كثافة الفيض المغناطيسى الناشئ عن تيارى السلكين عند النقطة (X)

متساوية للصفر، فإن النسبة بين شدتى التيار فى السلكين $\left(\frac{I_1}{I_2}\right)$

متساوى



$$\frac{1}{3} \text{ (د)}$$

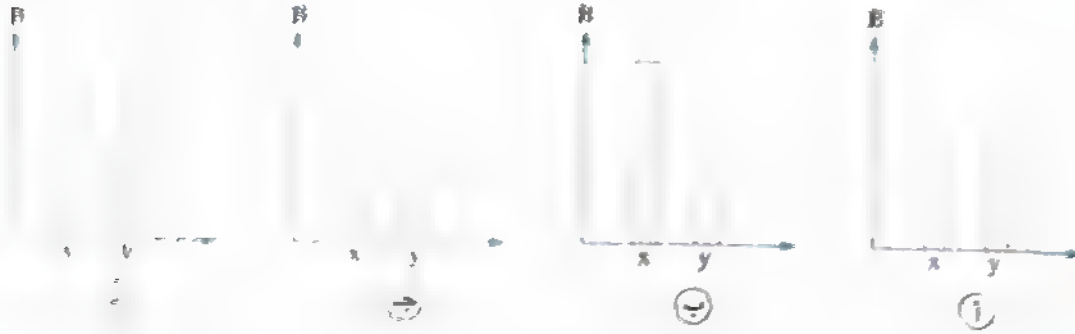
$$\frac{2}{1} \text{ (ج)}$$

$$\frac{1}{2} \text{ (ب)}$$

$$\frac{1}{1} \text{ (أ)}$$

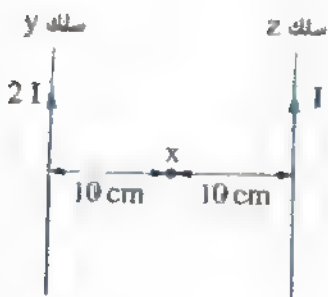


١ الشكل المقابل يوضح سلك مستقيم يمر به تيار كهربائي مستمر، فتى من الأشكال البيانية التالية يمثل نسبة كثافة الفيض المغناطيسى الناشئ عن ذلك التيار عند كل من النقطتين x, y ؟



٢ أى النقاط الموضحة بالشكل تمثل نقطة تعادل ؟

- a النقطة (١)
- b النقطة (٢)
- c النقطة (٣)
- d النقطة (٤)



٣ سلكان مستقيمان (z, y) متوازيان وضعا فى الهواء على بُعد 20 cm من بعضهما يمر فيهما تيار كهربى على الترتيب، أى الإجراءات التالية تجعل كثافة الفيض المغناطيسى عند النقطة x تساوى

- أ) سلك z مسافة 5 cm بعيداً عن السلك y
- ب) سلك z مسافة 5 cm فى اتجاه السلك y
- ج) سلك y مسافة 5 cm فى اتجاه السلك z
- د) سلك y مسافة 5 cm بعيداً عن السلك z

مجاب عليا



في هذا الدرس سوف نتعرف

على المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور تيار كهربائي في ملف دائري.

والمجال المغناطيسي الناشئ عن مرور تيار كهربائي في ملف لولبي.

ثانياً المجال المغناطيسى الناشئ عن مرور تيار كهربى فى ملف دائرى

عند مرور تيار كهربى فى ملف دائرى فإنه يسبب تولد مجال مغناطيسى داخل الملف وخارجه.

شكل وخواص خطوط الفيض المغناطيسى

لتعرف على شكل خطوط الفيض لجرى الخطوات الآتية :

- ١ انثر برادة حديد على لوح من الورق المقوى يخترقه ملف دائرى مستواه عمودى على اللوح ويمر به تيار كهربى.
- ٢ اطرق لوح الورق المقوى طرقات خفيفة.



الملاحظة

تترتب برادة الحديد على شكل دوائر تفقد دائريتها كلما اقتربت من محور الملف.

الاستنتاج

- ١ ترتيب برادة الحديد يعبر عن شكل خطوط الفيض المغناطيسى الناشئ عن مرور تيار كهربى فى الملف الدائرى.
- ٢ تفقد خطوط الفيض دائريتها (يقل انحناء خطوط الفيض) كلما اقتربت من مركز الملف.
- ٣ خطوط الفيض المغناطيسى عند مركز الملف الدائرى خطوط مستقيمة متوازية وموازية لمحور الملف ومتعامدة على مستوى الملف.
- ٤ المجال المغناطيسى الناشئ عن ملف دائرى يمر به تيار كهربى يشبه إلى حد كبير المجال المغناطيسى لقرص مغناطيسى مصمت له قطبان مستديران (مغناطيس قصير).
- ٥ تختلف كثافة الفيض المغناطيسى من نقطة لأخرى.



ملاحظة

تتولد فى الملف مغناطيسية متفردة فدائماً يوجد لأى مغناطيس قطبان أحدهما شمالي والأخر جنوبي. وبذلك فإن الملف الدائرى الذى يمر به تيار كهربى يكافئ ثنائى قطب مغناطيسى.

حساب كثافة الفيض المغناطيسي

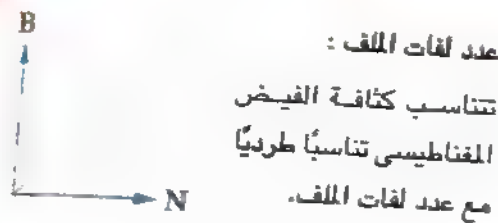
* إذا مر تيار كهربى شدته I فى ملف دائرى نصف قطره r وعدد لفاته N ، فإن كثافة الفيض المغناطيسى مركز الملف الدائرى :

- تتناسب طردياً مع شدة التيار المار فى الملف :
- تتناسب طردياً مع عدد لفات الملف :
- تتناسب عكسياً مع نصف قطر الملف :

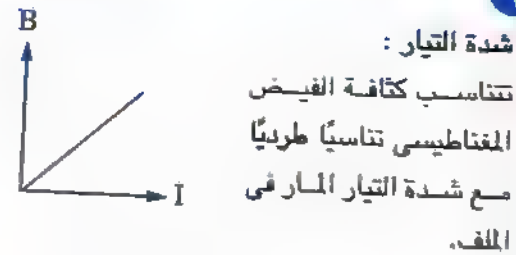
$$\therefore B = \text{constant} \times \frac{NI}{r}$$

$$B = \mu \frac{NI}{2r}$$

العوامل التى تتوقف عليها كثافة الفيض المغناطيسى

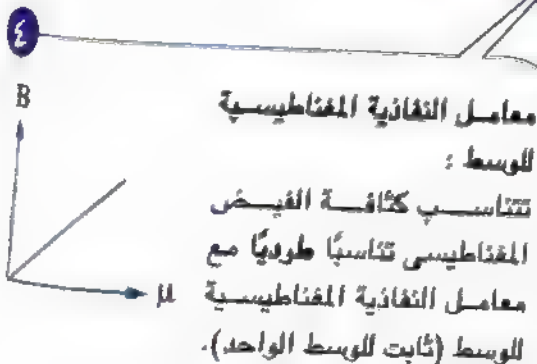


$$\text{slope} = \frac{\Delta B}{\Delta N} = \frac{\mu I}{2r}$$



$$\text{slope} = \frac{\Delta B}{\Delta I} = \frac{\mu N}{2r}$$

$$B = \mu \frac{NI}{2r}$$



$$\text{slope} = \frac{\Delta B}{\Delta \mu} = \frac{NI}{2r}$$



$$\text{slope} = \frac{\Delta B}{\Delta (\frac{1}{r})} = \frac{\mu NI}{2}$$

تحديد اتجاه خطوط الفيض المغناطيسي

قاعدة البريمة اليمنى

الاستخدام

تحديد اتجاه المجال (خطوط الفيض) المغناطيسي عند مركز ملف دائري يمر به تيار كهربى.

نص القاعدة (طريقة الاستخدام)

عند دوران بريمة باليد اليمنى عند مركز الملف بحيث يشير اتجاه دورانها لاتجاه التيار فى الملف فإن اتجاه اندفاعها يشير لاتجاه الفيض المغناطيسى عند مركز الملف.

قاعدة اليد اليمنى لأمبير

الاستخدام

تحديد اتجاه المجال (خطوط الفيض) المغناطيسى عند مركز ملف دائرى والناشئ عن مرور تيار كهربى فى الملف.

نص القاعدة (طريقة الاستخدام)

إذا كان اتجاه أصابع اليد اليمنى (ماعد الإبهام) يشير إلى اتجاه التيار فإن الإبهام يشير إلى اتجاه الفيض المغناطيسى.

قاعدة اتجاه حركة عقارب الساعة

الاستخدام

تحديد نوع القطب فى كل من وجهى ملف دائرى يمر به تيار كهربى.

نص القاعدة (طريقة الاستخدام)

يكون اتجاه التيار فى أحد وجهى الملف :

عكس اتجاه حركة عقارب الساعة

N

يكون هذا الوجه قطبًا شماليًا

فى نفس اتجاه حركة عقارب الساعة

يكون هذا الوجه قطبًا جنوبيًا

ويكون اتجاه خطوط الفيض المغناطيسى خارج الملف بحيث تخرج من القطب الشمالى وتدخل إلى القطب الجنوبى

مثال

احسب كثافة الفيض المغناطيسي عند مركز ملف دائري نصف قطره 11 cm وعدد لفاته 20 لفة، ويمر به تيار كهربى شدته 1.4 A (علمًا بأن : $\mu = 4 \pi \times 10^{-7} \text{ Wb/A.m}$)

الحل

$$r = 0.11 \text{ m} \quad N = 20 \quad I = 1.4 \text{ A} \quad \mu = 4 \pi \times 10^{-7} \text{ Wb/A.m} \quad B = ?$$

$$B = \frac{\mu NI}{2r} = \frac{4 \pi \times 10^{-7} \times 20 \times 1.4}{2 \times 0.11} = 1.6 \times 10^{-4} \text{ T}$$

إرشاد

* حساب عدد لفات الملف (N) :

- إذا تم لف سلك طوله l على شكل ملف دائرى نصف قطره r ، فإن :

$$N = \frac{\text{طول السلك}}{\text{محيط اللفة الواحدة}} = \frac{l}{2 \pi r}$$

$$N = \frac{\theta}{360}$$



حيث : (N) قد يكون عدد صحيح أو غير صحيح.

- إذا كان الملف جزء من دائرة، فإن :

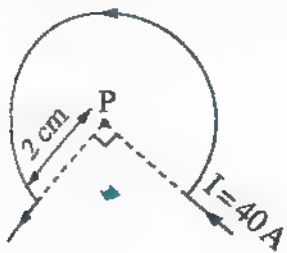
حيث : (θ) الزاوية المركزية المواجهة لسلك الملف.

مثال

من الشكل المقابل، أوجد

كثافة الفيض المغناطيسى عند النقطة P

(علمًا بأن : $\mu = 4 \pi \times 10^{-7} \text{ Wb/A.m}$)



$$I = 40 \text{ A} \quad r = 2 \times 10^{-2} \text{ m} \quad \mu = 4 \pi \times 10^{-7} \text{ Wb/A.m} \quad B = ?$$

$$\theta = 360 - 90 = 270^\circ$$

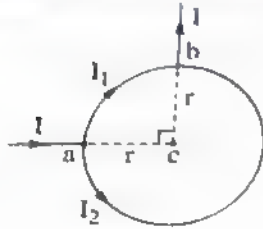
$$N = \frac{\theta}{360} = \frac{270}{360} = 0.75 \text{ لفة}$$

$$B = \mu \frac{NI}{2r} = 4 \pi \times 10^{-7} \times \frac{0.75 \times 40}{2 \times 2 \times 10^{-2}} = 9.43 \times 10^{-4} \text{ T}$$

إرشاء

عند تدوير سلك على صورة حلقة مكتملة و مرور تيار كهربائي فيها من خلال أي نقطتين على محيطها فإن المجال الناشئ عن مرور التيار في أحد جزئي الحلقة والناشئ عن المجال الناشئ عن مرور التيار المار في الجزء الثاني سيكون دائماً معصلة كثافة الفيض المغناطيسي عند مركز الحلقة يساوي صفراً

مثال



المشكل المقابل يمثل حلقة معدنية مغلقة منتظمة المقطع يمر فيها تيار كهربائي عبر النقطتين (a, b) على محيطها، احسب كثافة الفيض المغناطيسي (B) عند مركز الحلقة.

الحل

$$N_1 = \frac{1}{4} \quad N_2 = \frac{3}{4} \quad B_1 = ?$$

$$\therefore \frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1} = \frac{3R}{R} = \frac{3}{1}$$

$$\therefore B = \frac{\mu N I}{2 r}$$

$$\therefore \frac{B_1}{B_2} = \frac{\mu N_1 I_1}{2 r} \times \frac{2 r}{\mu N_2 I_2}$$

$$= \frac{N_1 I_1}{N_2 I_2} = \frac{\frac{1}{4}}{\frac{3}{4}} \times \frac{3}{1} = 1$$

$$\therefore B_1 = B_2$$

$$\therefore B_1 = B_1 - B_2 = 0$$

إرشاء

* في حالة إعادة تشكيل ملف دائري عدد لفاته N_1 ليصبح عددها N_2 ثم توصيله بنفس فرق الجهد الكهربائي \therefore طول السلك ثابت.

$$\therefore 2 \pi r_1 N_1 = 2 \pi r_2 N_2$$

$$\therefore \frac{N_1}{N_2} = \frac{r_2}{r_1}$$

$$\therefore \frac{B_1}{B_2} = \frac{N_1 r_2}{N_2 r_1} = \frac{N_1^2}{N_2^2} = \frac{r_2^2}{r_1^2}$$

مثال

تيار كهربى شدته 1 يمر فى ملف دائرى مكون من ثلاث لفات فكانت كثافة الفيض المغناطيسى عند مركز الملف $1.2 \times 10^{-4} \text{ T}$ احسب كثافة الفيض المغناطيسى عند مركز الملف إذا أعيد لف الملف ليصبح مكون من ستة لفات وتمر به نفس شدة التيار.

الحل

$$N_1 = 3 \quad B_1 = 1.2 \times 10^{-4} \text{ T} \quad N_2 = 6 \quad B_2 = ?$$

∴ طول سلك الملف ثابت.

$$\therefore 2\pi r_1 N_1 = 2\pi r_2 N_2$$

$$\therefore \frac{N_1}{N_2} = \frac{r_2}{r_1}$$

$$\therefore \frac{B_1}{B_2} = \frac{N_1 r_2}{N_2 r_1} = \frac{N_1^2}{N_2^2}$$

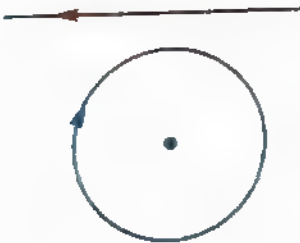
$$\frac{1.2 \times 10^{-4}}{B_2} = \frac{(3)^2}{(6)^2}$$

$$B_2 = 4.8 \times 10^{-4} \text{ T}$$

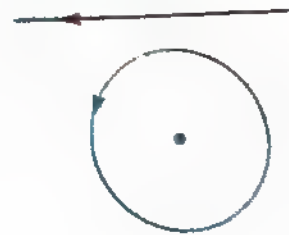
إرشاد

* لتعيين محصلة كثافة الفيض المغناطيسى عند مركز ملف دائرى عند وضع سلك مستقيم على أحد شعيرتين من مركز الملف الدائرى وفى نفس مستواه ويمر بكل منهما تيار كهربى مستمر إذا كان مجال كل من سلك وملف

فى اتجاهين متضادين



فى نفس الاتجاه



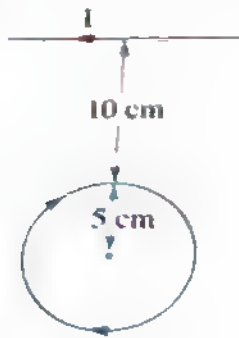
فإن

$$B_t = B_{(\text{ملف})} - B_{(\text{سلك})} \quad (B_{(\text{ملف})} > B_{(\text{سلك})})$$

$$B_t = B_{(\text{ملف})} + B_{(\text{سلك})}$$

$$B_t = B_{(\text{سلك})} - B_{(\text{ملف})} \quad (B_{(\text{سلك})} > B_{(\text{ملف})})$$

مثال



ملف دائري عدد لفاته 3 لفات ونصف قطره 5 cm يمر به تيار 1 A يوجد على بُعد 10 cm منه وفي نفس مستواه سلك مستقيم طويل يمر به تيار كهربى كما بالشكل، احسب:

- (1) شدة التيار المار فى السلك التى تجعل كثافة الفيض عند مركز الملف الدائرى تنعدم.
- (ب) قيمة كثافة الفيض عند مركز الملف إذا عكس اتجاه التيار المار فى السلك.

(علمًا بأن : $\mu = 4 \pi \times 10^{-7} \text{ Wb/A.m}$)

الحل

$$N = 3 \quad r = 5 \text{ cm} \quad \therefore I_{(\text{ملف})} = 1 \text{ A} \quad d = 15 \text{ cm}$$

$$\mu = 4 \pi \times 10^{-7} \text{ Wb/A.m} \quad I_{(\text{سلك})} = ? \quad B_t = ?$$

$$\therefore B_t = 0$$

(1)

$$\therefore B_{(\text{ملف})} = B_{(\text{سلك})}$$

$$\mu \frac{NI_{(\text{ملف})}}{2r} = \mu \frac{I_{(\text{سلك})}}{2\pi d}$$

$$\frac{3 \times 1}{5} = \frac{I_{(\text{سلك})}}{\pi \times 15}$$

$$\therefore I_{(\text{سلك})} = 28.29 \text{ A}$$

$$B_t = B_{(\text{ملف})} + B_{(\text{سلك})}$$

(ب)

$$= \mu \frac{NI_{(\text{ملف})}}{2r} + \mu \frac{I_{(\text{سلك})}}{2\pi d} = 2 \pi \times 10^{-7} \left(\frac{3 \times 1}{5 \times 10^{-2}} + \frac{28.29}{\pi \times 15 \times 10^{-2}} \right)$$

$$= 7.54 \times 10^{-5} \text{ T}$$

إرشاد

* في حالة سلك مستقيم يمر ملف دائري وفي نفس مستواه بحيث تتعدم كثافة الفيض عند مركز الملف



$$B_{\text{(ملف)}} = B_{\text{(سلك)}} \\ \frac{\mu N I_{\text{(ملف)}}}{2r} = \frac{\mu I_{\text{(سلك)}}}{2\pi d}, \quad r = d$$

$$N I_{\text{(ملف)}} = \frac{I_{\text{(سلك)}}}{\pi}$$

مثال ١

وُضع سلك مستقيم رأسياً بحيث يكون مماساً لملف دائري مكون من لفة واحدة وفي نفس مستواه، ثم وُضع عند مركز الملف إبرة مغناطيسية حرة الحركة في مستوى أفقي، احسب شدة التيار الكهربائي الذي إذا مر في السلك لا يسبب أي انحراف للإبرة عندما يمر في الملف الدائري تيار شدته 0.21 A

الحل

$$I_{\text{(ملف)}} = 0.21 \text{ A} \quad N = 1 \quad I_{\text{(سلك)}} = ?$$

* لا تنحرف الإبرة المغناطيسية عندما تكون محصلة المجال المغناطيسي الناشئ عن الملف والسلك مساوية للصفر :

$$\mu \frac{I_{\text{(سلك)}}}{2\pi d} = \mu \frac{N I_{\text{(ملف)}}}{2r}$$

$$\frac{I_{\text{(سلك)}}}{\pi} = N I_{\text{(ملف)}}$$

$$\frac{I_{\text{(سلك)}} \times 7}{22} = 1 \times 0.21$$

$$I_{\text{(سلك)}} = 0.66 \text{ A}$$



في الشكل المقابل سلك مستقيم يمر به تيار شدته 5 A ووضعه مماساً للـف دائري مكون من لفة واحدة نصف قطره 5 cm ويمر به تيار شدته 3 A وفي مستواه، احسب كثافة الفيض المغناطيسي عند مركز اللف الدائري إذا كان اتجاه التيار المار فيه :

(أ) عكس اتجاه عقارب الساعة.

(ب) في اتجاه عقارب الساعة.

(علماً بأن : $\mu = 4 \pi \times 10^{-7} \text{ Wb/A.m}$)

الحل :

$$N = 1 \quad I_{(\text{لف})} = 3 \text{ A} \quad I_{(\text{سلك})} = 5 \text{ A} \quad r = d = 5 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$\mu = 4 \pi \times 10^{-7} \text{ Wb/A.m} \quad B_t = ?$$

$$B_{(\text{لف})} = \mu \frac{NI_{(\text{لف})}}{2r} = 4 \pi \times 10^{-7} \times \frac{1 \times 3}{2 \times 5 \times 10^{-2}} = 3.77 \times 10^{-5} \text{ T}$$

$$B_{(\text{سلك})} = \mu \frac{I_{(\text{سلك})}}{2 \pi d} = 4 \pi \times 10^{-7} \times \frac{5}{2 \pi \times 5 \times 10^{-2}} = 2 \times 10^{-5} \text{ T}$$

$$B_t = B_{(\text{لف})} + B_{(\text{سلك})} = (3.77 \times 10^{-5}) + (2 \times 10^{-5})$$

$$= 5.77 \times 10^{-5} \text{ T}$$

(أ)

$$B_t = B_{(\text{لف})} - B_{(\text{سلك})} = (3.77 \times 10^{-5}) - (2 \times 10^{-5})$$

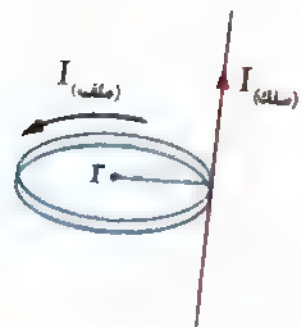
$$= 1.77 \times 10^{-5} \text{ T}$$

(ب)

إرشاد

* في حالة سلك مستقيم يمرر لـف دائري بحيث يكون السلك موازاً لمحور اللف الدائري (أو السلك عمودي على مستوى اللف الدائري) ويمر بكل منهما تيار كهربى يكون المجال المغناطيسى لكل من السلك واللف متعامدين عند مركز اللف وتكون كثافة الفيض المحصلة عند مركز اللف الدائري

$$B_t = \sqrt{B_{(\text{سلك})}^2 + B_{(\text{لف})}^2}$$



مثال

وُضع سلك مستقيم رأسيًا بحيث يكون مماسًا لملف دائري وموازيًا لمحور الملف وكان الملف يتكون من لفّة واحدة ونصف قطره 20 cm، فإذا مر تيار كهربى فى كل من السلك والملف شدته على الترتيب 20 A ، 5 A ، احسب كثافة الفيض المغناطيسى عند مركز الملف.

(علمًا بأن : $\mu = 4 \pi \times 10^{-7} \text{ Wb/A.m}$)

الحل

$$N = 1 \quad I_{(\text{سلك})} = 20 \text{ A} \quad I_{(\text{ملف})} = 5 \text{ A} \quad r = d = 20 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$\mu = 4 \pi \times 10^{-7} \text{ Wb/A.m} \quad B_t = ?$$

$$B_{(\text{سلك})} = \frac{\mu I_{(\text{سلك})}}{2 \pi d} = \frac{4 \pi \times 10^{-7} \times 20}{2 \pi \times 20 \times 10^{-2}} = 2 \times 10^{-5} \text{ T}$$

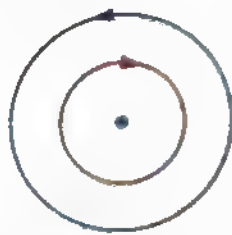
$$B_{(\text{ملف})} = \frac{\mu N I_{(\text{ملف})}}{2 r} = \frac{4 \pi \times 10^{-7} \times 1 \times 5}{2 \times 20 \times 10^{-2}} = 1.57 \times 10^{-5} \text{ T}$$

$$B_t = \sqrt{B_{(\text{سلك})}^2 + B_{(\text{ملف})}^2} = \sqrt{(2 \times 10^{-5})^2 + (1.57 \times 10^{-5})^2} = 2.54 \times 10^{-5} \text{ T}$$

إرشاد

* فى حالة ملفين دائريين لهما مركز مشترك وفى نفس المستوى ويحملان تيارين :

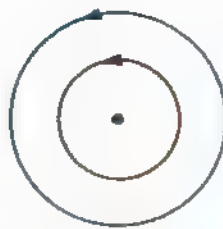
فى اتجاهين متضادين



$$B_t = B_1 - B_2$$

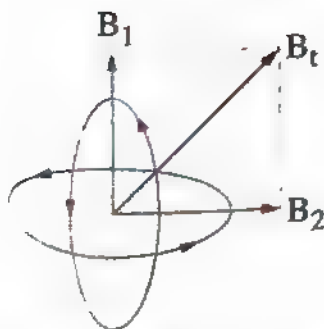
(بفرض أن $B_1 > B_2$)

فى نفس الاتجاه



$$B_t = B_1 + B_2$$

فإن



فى حالة ملفين دائريين لهما مركز مشترك ومتعامدين :

$$B_t = \sqrt{B_1^2 + B_2^2}$$

مثال

ملفان دائريان متحدتا المركز ولهما نفس المستوى، الملف الأول نصف قطره 40 cm وعدد لفاته 300 لفة ويمر به تيار شدته 10 A والملف الثاني نصف قطره 30 cm وعدد لفاته 400 لفة ويمر به تيار شدته 6 A في نفس اتجاه الأول. أوجد كثافة الفيض المغناطيسي الكلي عند:

- (أ) المركز المشترك للملفين.
(ب) المركز المشترك عندما يدور أحد الملفين بحيث يصبح مستويا للملفين متعامدين.
(علمًا بأن: $\mu = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Wb/A.m}$)

الحل

$$r_1 = 0.4 \text{ m} \quad N_1 = 300 \quad I_1 = 10 \text{ A} \quad r_2 = 0.3 \text{ m} \quad N_2 = 400$$

$$I_2 = 6 \text{ A} \quad \mu = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Wb/A.m} \quad B_1 = ?$$

$$B_1 = \mu \frac{N_1 I_1}{2 r_1} = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{300 \times 10}{2 \times 0.4} = 4.71 \times 10^{-3} \text{ T}$$

$$B_2 = \mu \frac{N_2 I_2}{2 r_2} = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{400 \times 6}{2 \times 0.3} = 5.03 \times 10^{-3} \text{ T}$$

$$B_1 = B_1 + B_2 = (4.71 + 5.03) \times 10^{-3} = 9.74 \times 10^{-3} \text{ T}$$

(أ)

$$B_1 = \sqrt{B_1^2 + B_2^2} = \sqrt{(4.71 \times 10^{-3})^2 + (5.03 \times 10^{-3})^2} = 6.89 \times 10^{-3} \text{ T}$$

(ب)

اختبر نفسك

اقتَر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

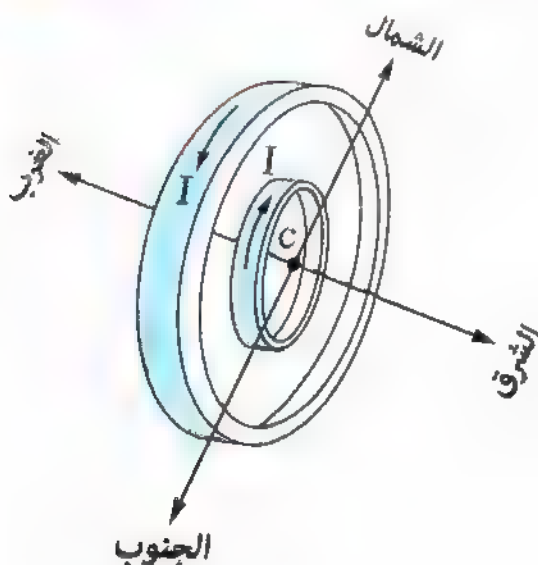
١ حلقتان معدنيتان مختلفتا القطر ومتحدتا المركز موضوعتان في مستوى واحد كما بالشكل، عند مرور تيار كهربى له نفس الشدة (I) في كل منهما فإن اتجاه محصلة كثافة الفيض المغناطيسى عند مركزهما المشترك (C) والناشئ عن مرور التيارين يكون في اتجاه

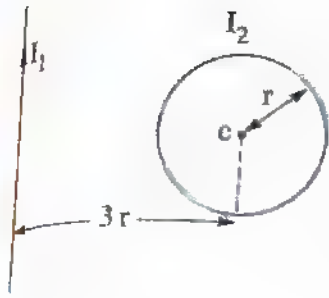
(أ) الشمال

(ب) الجنوب

(ج) الشرق

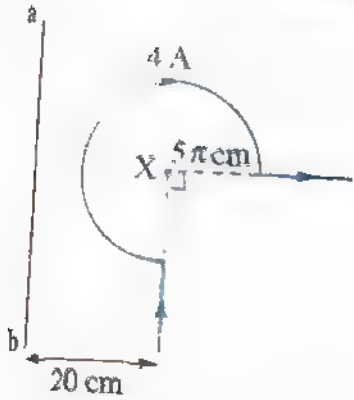
(د) الغرب





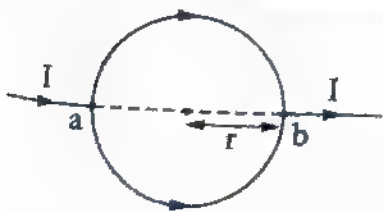
٢ الشكل المقابل يوضح حلقة معدنية وسلك مستقيم طويل في نفس المستوى، فإذا كانت محصلة كثافة الفيض عند مركز الحلقة c مساوية للصفر، فأى الاختيارات التالية صحيح ؟

النسبة $\frac{I_1}{I_2}$	اتجاه تيار الحلقة	
$\frac{\pi}{3}$	عكس دوران عقارب الساعة	أ
3π	عكس دوران عقارب الساعة	ب
$\frac{\pi}{3}$	مع دوران عقارب الساعة	ج
3π	مع دوران عقارب الساعة	د



٣ الشكل المقابل يوضح جزء من حلقة معدنية مركزها X موضوع في نفس مستواها سلك مستقيم طويل يبعد عن مركز الحلقة مسافة 20 cm فإذا مر تيار شدته I في السلك كانت شدة المجال المغناطيسى عند مركز الحلقة منعدمة، فإن

شدة التيار (I) المار في السلك المستقيم	اتجاه التيار (I) المار في السلك المستقيم	
12 A	من a إلى b	أ
24 A	من a إلى b	ب
12 A	من b إلى a	ج
24 A	من b إلى a	د



٤ الشكل المقابل يمثل حلقة يمر فيها تيار كهربى يدخل من النقطة a ويخرج من النقطة b، فإن محصلة كثافة الفيض المغناطيسى عند مركز الحلقة تساوى

٠ د

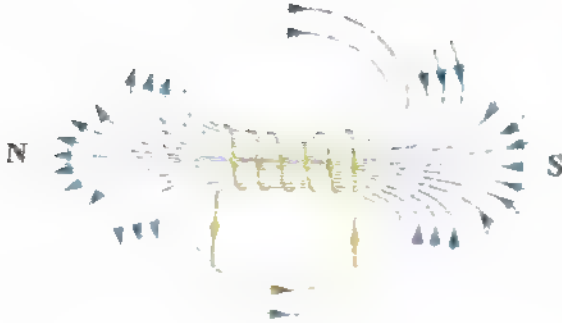
$\frac{3\mu I}{4r}$ ج

$\frac{\mu I}{4r}$ ب

$\frac{\mu I}{2r}$ أ

المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور تيار كهربى فى ملف لولبى (حلزولى)

شكل خطوط الفيض المغناطيسى



* عندما يمر تيار كهربى فى ملف لولبى يتولد مجال مغناطيسى يشبه إلى حد كبير المجال المغناطيسى لقضيب مغناطيسى.

* تمثل خطوط الفيض مسارات متصلة داخل وخارج الملف،

أى أنه كل خط بمثابة مسار مغلق.

حساب كثافة الفيض المغناطيسى

* عند مرور تيار كهربى شدته I فى ملف لولبى طوله l وعدد لفاته N ، فإن كثافة الفيض المغناطيسى (B) عند نقطة فى منتصف الملف تقع على محوره :

$$B \propto I$$

$$B \propto N$$

$$B \propto \frac{1}{l}$$

$$\therefore B \propto \frac{NI}{l}$$

$$\therefore B = \text{constant} \times \frac{NI}{l}$$

$$\therefore B = \mu \frac{NI}{l} = \mu n I$$

$$n = \frac{N}{l}$$

(n) عدد اللفات لوحدة الأطوال من الملف وتنعين من العلاقة :



المستقيم

تحديد اتجاه

قاعدة

الاستخدام

تحديد اتجاه
لولبي يمر به

نص القاعدة

تخيل انك
الإبهام



الاستخدام

تحديد

عدد لفات الملف :

تناسب كثافة الفيض المغناطيسي
تناسباً طردياً مع عدد لفات الملف.

$$\rightarrow N \quad \text{slope} = \frac{\Delta B}{\Delta N} = \frac{\mu I}{l}$$

شدة التيار :

تناسب كثافة الفيض المغناطيسي
تناسباً طردياً مع شدة التيار
المرور في الملف.

$$\text{slope} = \frac{\Delta B}{\Delta I} = \frac{\mu N}{l}$$

$$B = \mu \frac{NI}{l}$$

معامل النفاذية المغناطيسية للوسط :

تناسب كثافة الفيض المغناطيسي
تناسباً طردياً مع معامل النفاذية
المغناطيسية للوسط
(ثابت للوسط الواحد).

$$\text{slope} = \frac{\Delta B}{\Delta \mu} = \frac{NI}{l}$$

طول الملف :

تناسب كثافة الفيض المغناطيسي
تناسباً عكسياً مع طول الملف.

$$\text{slope} = \frac{\Delta B}{\Delta (\frac{1}{l})} = \mu NI$$

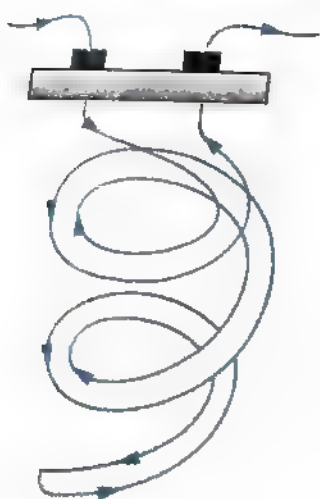
ملاحظات

* عند وضع ساق حديدية داخل ملف لولبي يمر به تيار كهربى تزداد كثافة الفيض المغناطيسي عند أى نقطة
على محور الملف ،

لأن معامل النفاذية المغناطيسية للحديد أكبر من معامل النفاذية المغناطيسية للهواء.

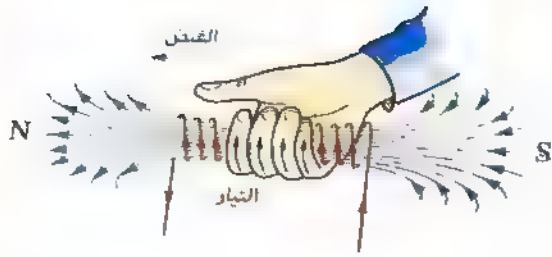
* قد لا يتولد مجال مغناطيسى نتيجة مرور التيار في ملف دائرى أو لولبى ،

لأن الملف الدائرى أو اللولبى قد يكون ملفوف لفاً مزدوجاً
فيصبح الفيض المغناطيسى الناتج عن مرور التيار فى اتجاه
معين عكس الفيض المغناطيسى الناتج عن مرور نفس التيار فى
الاتجاه المضاد فيلاشئ تأثير كل منهما الآخر.



تحديد اتجاه خطوط الفيض المغناطيسي

١ قاعدة أمبير لليد اليمنى



الاستخدام

تحديد اتجاه المجال المغناطيسي الناشئ داخل ملف لولبي يمر به تيار كهربى.

نص القاعدة (طريقة الاستخدام)

تخيل أنك تقيض على الملف باليد اليمنى بحيث يشير اتجاه التفاف أصابع اليد إلى اتجاه التيار فيشير الإبهام لاتجاه خطوط الفيض داخل الملف.

٢ قاعدة البريمة اليمنى

الاستخدام

تحديد اتجاه الفيض المغناطيسى عند محور ملف لولبي (حلزوني) يمر به تيار كهربى.

طريقة الاستخدام

كما سبق فى الملف الدائرى باعتبار أن الملف اللولبي يتكون من مجموعة لفات دائرية متحدة المحور.

٣ قاعدة اتجاه حركة عقارب الساعة

الاستخدام

تحديد نوع القطب فى كل من وجهى ملف لولبي يمر به تيار كهربى.

طريقة الاستخدام

كما سبق فى الملف الدائرى.

مثال ١

ملف لولبي طوله 20 cm يتكون من 800 لفه ويمر به تيار شدته 0.7 A، احسب كثافة الفيض المغناطيسي عند نقطة عند منتصف طوله تقع على محوره.

(علمًا بأن $\mu = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Wb/A.m}$)

الحل

$$l = 0.2 \text{ m} \quad N = 800 \quad I = 0.7 \text{ A} \quad \mu = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Wb/A.m} \quad B = ?$$

$$B = \mu \frac{NI}{l} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 800 \times 0.7}{0.2} = 3.52 \times 10^{-3} \text{ T}$$

مثال ٢

احسب شدة التيار الكهربى اللازم لجعل كثافة الفيض المغناطيسى عند نقطة عند منتصف طول ملف لولبي تقع على محوره تساوى 0.815 T إذا كان الملف يتكون من 800 لفه وطوله 20 cm فى حالة وجود قلب من الحديد

داخلة. (علمًا بأن : النفاذية المغناطيسية للحديد $2 \times 10^{-3} \text{ Wb/A.m}$)

الحل

$$N = 800 \quad l = 0.2 \text{ m} \quad B = 0.815 \text{ T} \quad \mu = 2 \times 10^{-3} \text{ Wb/A.m} \quad I = ?$$

$$B = \mu \frac{NI}{l}$$

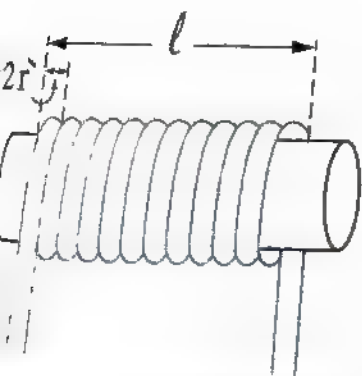
$$I = \frac{Bl}{\mu N} = \frac{0.815 \times 0.2}{2 \times 10^{-3} \times 800} = 0.1019 \text{ A} = 101.9 \text{ mA}$$

إرشاد

* إذا كانت لفات الملف متماسة معًا، فإن طول الملف :

$$l = N \times 2r$$

حيث : (r) نصف قطر سلك الملف.



مثال

سلك معزول نصف قطره 0.3 cm لف حول قلب من الحديد المطاوع نفاذيته المغناطيسية $2 \times 10^{-3} \text{ Wb/A.m}$ بحيث تكون اللفات متساوية معاً على طول القلب الحديدي، احسب كثافة الفيض المغناطيسي عند نقطة عند منتصف طول الملف تقع على محوره علماً بأن شدة التيار المار في الملف 10 A

الحل

$$r = 0.3 \times 10^{-2} \text{ m} \quad \mu = 2 \times 10^{-3} \text{ Wb/A.m} \quad I = 10 \text{ A} \quad B = ?$$

∴ اللفات متساوية.

$$\therefore l = 2 N r$$

$$B = \frac{\mu N I}{l} = \frac{\mu N I}{2 N r} = \frac{\mu I}{2 r} = \frac{2 \times 10^{-3} \times 10}{2 \times 0.3 \times 10^{-2}} = 3.33 \text{ T}$$

إرشاد

• إذا تم قطع جزء من ملف كان متصل بمصدر جهد مهمل المقاومة الداخلية ثم أعيد توصيل الجزء المتبقى من اللفات بنفس المصدر مع الاحتفاظ بالمسافة بين اللفات ثابتة، فإن :

(I) شدة التيار المار في الملف

عدد اللفات لوحدة الأطوال (n)

تزداد لأن طول سلك الملف يقل وتبعاً للعلاقة $(R = \frac{\rho l}{A})$

يظل ثابت لأن كل من عدد لفات الملف وطول الملف يقل بنفس النسبة.

فإن مقاومة الملف تقل، وحيث إن فرق الجهد بين طرفي

المصدر ثابت وتبعاً للعلاقة $(I = \frac{V}{R})$ ، فإن شدة التيار

$$\therefore \frac{N_1}{l_1} = \frac{N_2}{l_2}$$

$$\therefore n_1 = n_2$$

تزداد،

$$I \propto \frac{1}{R} \propto \frac{1}{l}$$

أي أنه

$$\therefore B = \mu n I$$

∴ كل من μ ، n ثابت

∴ تزداد B بحيث تكون

$$B \propto I \propto \frac{1}{l}$$

مثال

بطارية مهملة المقاومة الداخلية تتصل بطرفي ملف لولبي طوله 44 cm وعدد لفاته 21 لفة فيمر سلكه
كهرمي شدته 1 A . فإذا قُطِع ثلث الملف ووُصِل الباقي بنفس البطارية. احسب كثافة الفيض المغناطيسي
نقطة عند منتصف طول الملف تقع على محوره في هذه الحالة.

(علماً بأن $\mu = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Wb/A.m}$)

الحل

$$l = 44 \text{ cm} \quad N_1 = 21 \quad I_1 = 1 \text{ A} \quad l_2 = \frac{2}{3} l_1$$

$$\mu = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Wb/A.m} \quad B_2 = ?$$

$$B = \frac{\mu N I}{l} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 21 \times 1}{44 \times 10^{-2}} = 6 \times 10^{-5} \text{ T}$$

$$R = \frac{l}{\sigma A}$$

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{l_1}{l_2} = \frac{l_1}{\frac{2}{3} l_1} = \frac{3}{2}$$

$$I = \frac{V}{R} \quad V_1 = V_2$$

$$\therefore \frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1} = \frac{2}{3}$$

\therefore كل من عدد لفات الملف وطول الملف قل بنفس النسبة.

$$n_1 = n_2$$

$$B = \mu n I$$

$$\frac{B_1}{B_2} = \frac{I_1}{I_2}$$

$$\frac{6 \times 10^{-5}}{B_2} = \frac{2}{3}$$

$$\therefore B_2 = 9 \times 10^{-5} \text{ T}$$

ملاحظة

في نقطة كذا الفيض عند نقطة في منتصف سلك تقع على محوره في حالة سلكين متوازيين

في اتجاهين متضادين

$$B_1 = B_1 - B_2$$

$$(B_1 > B_2)$$

في نفس الاتجاه

$$B_1 = B_1 + B_2$$

مثال (١)

ملفان لولبيان أحدهما داخل الآخر لهما محور مشترك، تحتوي وحدة الأطوال من الملف الداخلي على 10 لفات ومن الملف الخارجي على 20 لفة فإذا كان تيار الملف الداخلي 2 A والخارجي 4 A، احسب كثافة الفيض المغناطيسي عند نقطة بداخلهما على المحور المشترك عندما يكون التياران :

(أ) في نفس الاتجاه.

(ب) في اتجاهين متضادين.

(علمًا بأن : $\mu = 4 \pi \times 10^{-7} \text{ Wb/A.m}$)

الحل

$$n_1 = 10 \text{ turn/m} \quad n_2 = 20 \text{ turn/m} \quad I_1 = 2 \text{ A} \quad I_2 = 4 \text{ A}$$

$$\mu = 4 \pi \times 10^{-7} \text{ Wb/A.m} \quad B_t = ?$$

$$B_1 = \mu n_1 I_1 = 4 \pi \times 10^{-7} \times 10 \times 2 = 25.14 \times 10^{-6} \text{ T}$$

$$B_2 = \mu n_2 I_2 = 4 \pi \times 10^{-7} \times 20 \times 4 = 100.57 \times 10^{-6} \text{ T}$$

$$B_t = B_1 + B_2 = 125.71 \times 10^{-6} \text{ T} \quad (1)$$

$$B_t = B_2 - B_1 = 75.43 \times 10^{-6} \text{ T} \quad (ب)$$

مثال (٢)

ملف لولبي طوله 50 cm وعدد لفاته 100 لفة يمر به تيار 2 A وضع عند منتصفه تمامًا ملف دائري عدد لفاته 20 لفة ونصف قطره 15 cm ويمر به تيار 1 A بحيث ينطبق محور الملف الدائري على محور الملف اللولبي، احسب كثافة الفيض عند المركز المشترك (m) إذا كان التياران :

(أ) في نفس الاتجاه.

(ب) في اتجاهين متضادين.

(علمًا بأن : $\mu = 4 \pi \times 10^{-7} \text{ Wb/A.m}$)

الحل

$$l_1 = 0.5 \text{ m} \quad N_1 = 100 \quad I_1 = 2 \text{ A} \quad N_2 = 20 \quad I_2 = 1 \text{ A}$$

$$r_2 = 0.15 \text{ m} \quad \mu = 4 \pi \times 10^{-7} \text{ Wb/A.m} \quad B_t = ?$$

مثال إرشاد

* في حالة وضع كهرس (المجنا) وتبعد مسافة

$$B_{(لولبي)} = \mu \frac{N_1 I_1}{l_1} = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{100 \times 2}{0.5} = 5.03 \times 10^{-4} \text{ T}$$

$$B_{(دائري)} = \mu \frac{N_2 I_2}{2 r_2} = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{20 \times 1}{2 \times 0.15} = 8.38 \times 10^{-5} \text{ T}$$

$$B_t = B_{(لولبي)} + B_{(دائري)} = (5.03 \times 10^{-4}) + (8.38 \times 10^{-5}) = 5.868 \times 10^{-4} \text{ T} \quad (1)$$

$$B_t = B_{(لولبي)} - B_{(دائري)} = (5.03 \times 10^{-4}) - (8.38 \times 10^{-5}) = 4.192 \times 10^{-4} \text{ T} \quad (ب)$$

في الشكل الما
20 cm
الملف اللولبي
احسب محص
(علماً بأن
الحص

إرشاد

* عند إبعاد لفات الملف الدائري عن بعضها بانتظام يصبح ملف لولبي له نفس عدد لفات الملف الدائري ويمر به نفس التيار المار في الملف الدائري ويمكن المقارنة بينهما طبقاً للعلاقة :

$$\frac{B_{(دائري)}}{B_{(لولبي)}} = \frac{l_{(لولبي)}}{2 r_{(دائري)}}$$

مثال

ملف دائري نصف قطره 5 cm يمر فيه تيار يولد مجاًلاً مغناطيسياً كثافة فيضيه $3 \times 10^{-2} \text{ T}$ فإذا أبعدت لفات الملف عن بعضها بانتظام حتى أصبح طوله 30 cm، احسب كثافة الفيض المغناطيسي عند نقطة عند منتصف طول الملف تقع على محوره.

الحل

$$r_{(دائري)} = 5 \text{ cm} \quad B_{(دائري)} = 3 \times 10^{-2} \text{ T} \quad l_{(لولبي)} = 30 \text{ cm} \quad B_{(لولبي)} = ?$$

$$\frac{B_{(دائري)}}{B_{(لولبي)}} = \frac{l_{(لولبي)}}{2 r_{(دائري)}} \quad , \quad \frac{3 \times 10^{-2}}{B_{(لولبي)}} = \frac{30}{2 \times 5}$$

$$B_{(لولبي)} = 10^{-2} \text{ T}$$

إرشاد

في حالة وضع سلك مستقيم موازي لمحور ملف لولبي أو عمودي على امتداد محور الملف ويمر بكل من

كهربي (المجالان متعامدان) فإن محصلة كثافة الفيض المغناطيسي عند نقطة تقع على محور الملف

وتبعد مسافة معينة عن السلك المستقيم

$$B_t = \sqrt{B_{(سلك)}^2 + B_{(لولبي)}^2}$$

مثال

في الشكل المقابل سلك مستقيم موازي لمحور ملف لولبي ويبعد مسافة

20 cm عن محور الملف ويمر بكل منهما تيار كهربى فإذا كان عدد لفات

الملف اللولبي في وحدة الأطوال 100 لفة،

احسب محصلة كثافة الفيض عند نقطة عند منتصف طول الملف تقع على محوره

(علمًا بأن : $\mu = 4 \pi \times 10^{-7} \text{ Wb/A.m}$)

الحل

$$I = 50 \text{ A} \quad I_{(لولبي)} = 0.7 \text{ A} \quad d = 20 \times 10^{-2} \text{ m} \quad n = 100 \text{ turn/m}$$

$$\mu = 4 \pi \times 10^{-7} \text{ Wb/A.m} \quad B_t = ?$$

$$B_{(سلك)} = \frac{\mu I_{(سلك)}}{2 \pi d} = \frac{4 \pi \times 10^{-7} \times 50}{2 \pi \times 20 \times 10^{-2}}$$

$$= 5 \times 10^{-5} \text{ T}$$

$$B_{(لولبي)} = \mu n I_{(لولبي)} = 4 \pi \times 10^{-7} \times 100 \times 0.7$$

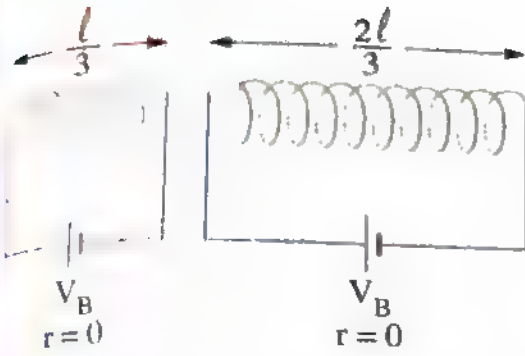
$$= 8.8 \times 10^{-5} \text{ T}$$

$$B_t = \sqrt{B_{(سلك)}^2 + B_{(لولبي)}^2} = \sqrt{(5 \times 10^{-5})^2 + (8.8 \times 10^{-5})^2}$$

$$= 1.01 \times 10^{-4} \text{ T}$$

16 اختبار نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

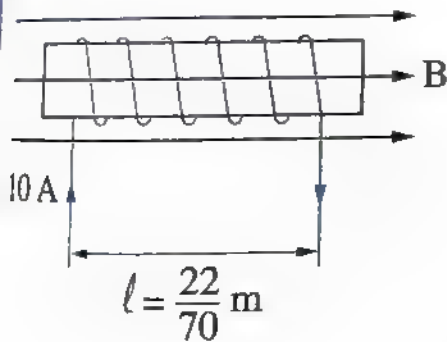


١ ملف لولبي منتظم مقاومته R طوله l قُسم إلى جزئين طول الأول $\frac{l}{3}$ وطول الثاني $\frac{2l}{3}$ ثم وُصل كل منهما ببطارية مماثلة كما بالشكل المقابل، فتكون النسبة بين كثافة الفيض المغناطيسي عند منتصف كل ملف على محوره $\left(\frac{B_1}{B_2}\right)$ هي

- ١ $\frac{1}{3}$ (أ) ٢ $\frac{2}{1}$ (ب) ٣ $\frac{2}{3}$ (ج) ٤ $\frac{1}{1}$ (د)

٢ ملف دائري نصف قطره r وعدد لفاته N ويمر به تيار شدته I ينشأ عنه عند المركز فيض مغناطيسي كثافته B ، فإذا أبعدت لفاته عن بعضها بانتظام حتى أصبح ملفاً لولبياً فإن طول الملف اللولبي اللازم لجعل كثافة الفيض المغناطيسي عند نقطة عند منتصف طوله تقع على محوره هي $\frac{B}{2}$ يساوي

- ١ $2r$ (أ) ٢ $4r$ (ب) ٣ $8r$ (ج) ٤ $16r$ (د)



٣ في الشكل المقابل ملف لولبي يمر به تيار كهربى 10 A

طوله $\frac{22}{70}\text{ m}$ وعدد لفاته 10^3 سُلط عليه مجال مغناطيسى موازى لمحوره واتجاهه نحو الشرق وكثافته 0.04 T فتكون محصلة كثافة الفيض عند نقطة عند منتصف طول الملف تقع على محوره

(علماً بأن : $\mu_{(موا)} = 4\pi \times 10^{-7}\text{ Wb/A.m}$)

- ١ $4 \times 10^{-2}\text{ T}$ (ب)

- ٢ $8 \times 10^{-2}\text{ T}$ (د)

- ٣ $4\sqrt{2} \times 10^{-2}\text{ T}$ (ج)



في هذا الدرس سوف نتعرف :

القوة التي يؤثر بها مجال مغناطيسي على سلك مستقيم يمر به تيار كهربائي موضوع في هذا المجال.

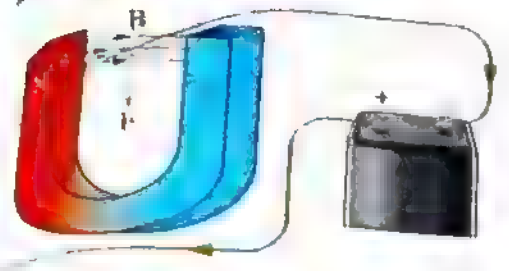
القوة المتبادلة بين سلكين مستقيمين متوازيين ويحملان تيارين.

عزم الازدواج المغناطيسي.

عزم ثنائي القطب المغناطيسي.

القوة التي يؤثر بها مجال مغناطيسي على سلك مستقيم يمر به تيار كهربى موضوع فى هذا المجال

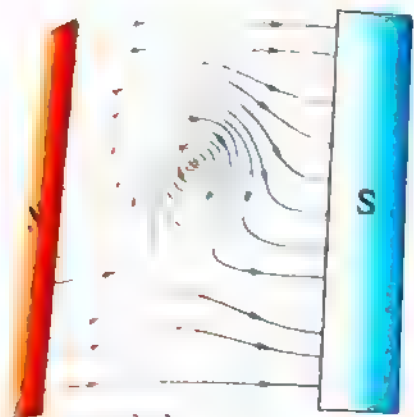
وإذا أثقلت
التسلا (T)
شدة التيار
المقدار (A)



شكل (١١)

* عند وضع سلك مستقيم يمر به تيار كهربى فى مجال مغناطيسى منتظم شكل (١١) بحيث يكون السلك عمودياً على خطوط الفيض المغناطيسى تنشأ قوة مغناطيسية تؤثر على السلك (تكون عمودية على اتجاه التيار الكهربى وعلى اتجاه المجال)، **لاختلاف** محصلة كثافة الفيض المغناطيسى على جانبي السلك والناشئة عن الفيض المغناطيسى الخارجى والفيض المغناطيسى الناتج عن مرور تيار كهربى بالسلك شكل (١٢).

وإذا كان



شكل (١٢)

* إذا كان السلك حر الحركة تؤدي هذه القوة إلى حركة السلك من الموضع الأعلى فى كثافة الفيض المغناطيسى إلى الموضع الأقل فى كثافة الفيض المغناطيسى، ويمكن تحديد اتجاه هذه القوة باستخدام قاعدة اليد اليسرى لقلمنج.

السلك

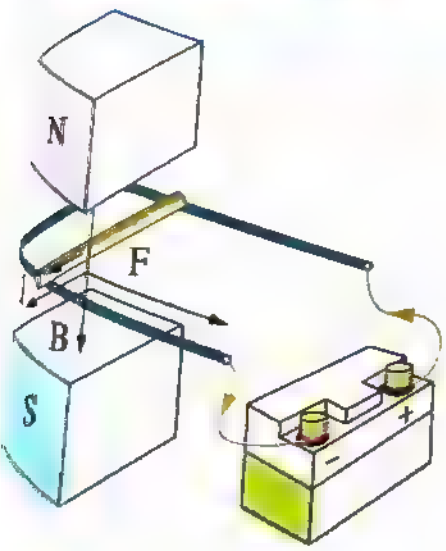
قاعدة اليد اليسرى لقلمنج

نص القاعدة (طريقة الاستخدام)



اجعل الإبهام والسبابة فى اليد اليسرى متعامدين على بعضهما وعلى باقى الأصابع فإذا كانت السبابة تشير لاتجاه الفيض وباقى الأصابع (ماعد الإبهام) تشير لاتجاه التيار فإن الإبهام يشير لاتجاه القوة المغناطيسية وبالتالي إلى اتجاه حركة السلك.

حساب القوة المغناطيسية المؤثرة على سلك مستقيم يمر به تيار كهربى موضوع فى فيض مغناطيسى



* عند وضع سلك مستقيم يمر به تيار كهربى شدته I عمودياً على مجال مغناطيسى كثافة فيضه B وطول الجزء المعرض من السلك للفيض l فإنه يتأثر بقوة مغناطيسية F حيث :

$$F \propto B \quad , \quad F \propto I \quad , \quad F \propto l$$

$$\therefore F \propto BI l \quad \therefore F = \text{constan} \times BI l$$



وإذا أخذت وحدة قياس كثافة الفيض المغناطيسي (B) التسلا (T) ووحدة قياس القوة النيوتن (N) ووحدة قياس شدة التيار الأمبير (A) ووحدة قياس الطول المتر (m) فإن مقدار التكافئ يساوى الواحد الصحيح.

$$F = BIl \sin \theta$$

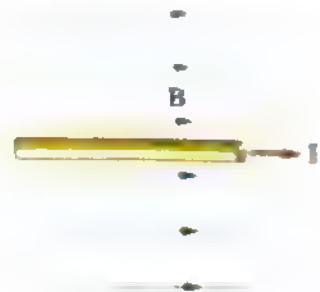
وإذا كان السلك يصنع زاوية θ مع الفيض يصبح العلاقة

$$F = BIl \sin \theta$$

المعادلة (1) (2)

السلك عمودى على اتجاه خطوط الفيض (a) (b)

السلك موازى لاتجاه خطوط الفيض ($\theta = 0^\circ$)



هنا

$$F = BIl \sin 90 = BIl$$

$$F = BIl \sin 0 = 0$$

أى تصبح القوة المؤثرة على السلك قيمة عظمى

أى تتعدم القوة المؤثرة على السلك

• مما سبق يمكن تعريف كثافة الفيض المغناطيسى ووحدة قياسها التسلا (T) والتي تكافئ نيوتن/أمبير.متر (N/A.m) كالتالى :

التسلا (T)

كثافة الفيض المغناطيسى الذى يولد قوة مقدارها 1 N على سلك طوله 1 m يمر به تيار كهربى شدته 1 A عندما يكون السلك عمودياً على خطوط الفيض المغناطيسى.

كثافة الفيض المغناطيسى (B) عند نقطة

مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة على سلك طوله 1 m يمر به تيار كهربى شدته 1 A موضوع عمودياً على الفيض المغناطيسى عند تلك النقطة.

ملاحظة

• إذا وضع سلك مستقيم يمر به تيار كهربى منطبقاً على محور:

- ملف لولبى يمر به تيار كهربى «شكل (١)»

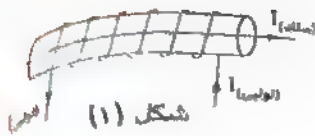
أو

- ملف دائرى يمر به تيار كهربى «شكل (٢)»

فإن السلك لا يتأثر بقوة مغناطيسية

لأن خطوط الفيض المغناطيسى عند محور الملف تكون متوازية وموازية لمحور الملف فيكون السلك موازياً لخطوط المجال المغناطيسى

أي أنه $(\theta = 0^\circ)$ وتبعاً للعلاقة $(F = BI\ell \sin \theta)$ تكون القوة المغناطيسية المؤثرة على السلك مساوية للصفر.



مثال

سلك مستقيم
 $2 \times 10^{-2} \text{ T}$

(١) إذا كان

(ب) إذا كان

(ج) إذا كان

الحل

العوامل التى تتوقف عليها القوة المغناطيسية المؤثرة على سلك مستقيم يمر به تيار كهربى موضوع فى مجال مغناطيسى

١ كثافة الفيض المغناطيسى:

تتناسب القوة
المغناطيسية
تناسباً طردياً
مع كثافة الفيض
المغناطيسى.

$$\text{slope} = \frac{\Delta F}{\Delta B} = I\ell \sin \theta$$

٢ شدة التيار:

تتناسب القوة
المغناطيسية تناسباً
طردياً مع شدة
التيار المار فى
السلك.

$$\text{slope} = \frac{\Delta F}{\Delta I} = B\ell \sin \theta$$

٣ طول السلك:

تتناسب القوة
المغناطيسية
تناسباً طردياً
مع طول السلك.

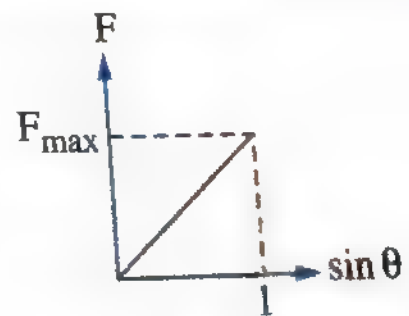
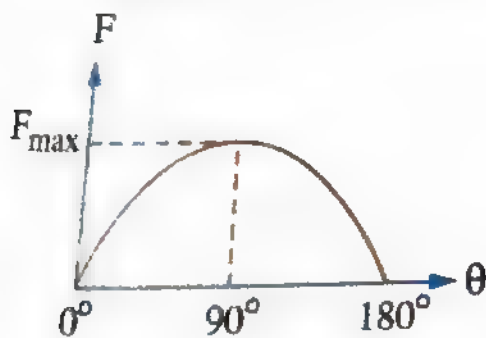
$$\text{slope} = \frac{\Delta F}{\Delta \ell} = BI \sin \theta$$

$$F = BI\ell \sin \theta$$

الزاوية المحصورة بين السلك واتجاه الفيض:

تتناسب القوة المغناطيسية تناسباً طردياً مع جيب
الزاوية المحصورة بين السلك واتجاه الفيض.

تمثل العلاقة بين القوة المغناطيسية والزاوية المحصورة
بين السلك واتجاه الفيض بمنحنى جيبى.



$$\text{slope} = \frac{\Delta F}{\Delta \sin \theta} = BI\ell$$

سلك مستقيم طوله 20 cm يمر به تيار كهربى شدته 3 A وموضوع فى مجال مغناطيسى كثافة فيضه $2 \times 10^{-2} \text{ T}$. احسب القوة المؤثرة عليه فى الحالات الآتية :

- (أ) إذا كان السلك موازياً لاتجاه المجال.
 (ب) إذا كان السلك عمودياً على اتجاه المجال.
 (ج) إذا كان السلك يصنع زاوية 30° مع اتجاه المجال.

الحل

$$l = 0.2 \text{ m} \quad I = 3 \text{ A} \quad B = 2 \times 10^{-2} \text{ T} \quad F = ?$$

$$F = BIl \sin \theta$$

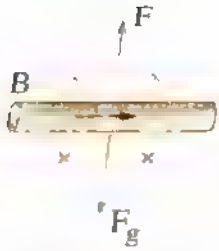
$$F = 2 \times 10^{-2} \times 3 \times 0.2 \times \sin 0 = 0 \quad (أ)$$

$$F = 2 \times 10^{-2} \times 3 \times 0.2 \times \sin 90 = 12 \times 10^{-3} \text{ N} \quad (ب)$$

$$F = 2 \times 10^{-2} \times 3 \times 0.2 \times \sin 30 = 6 \times 10^{-3} \text{ N} \quad (ج)$$

إرشاد

• لى يظل سلك يمر به تيار كهربى وموضوع فى مجال مغناطيسى عمودى على السلك متزن أفقياً تحت تأثير قوة وزنه W والقوة المغناطيسية F فإن القوة F لابد أن يكون اتجاهها رأسياً و لأعلى :



$$F = F_g$$

$$BIl = mg$$

$$BIl = \rho V_{ol} g$$

$$BIl = \rho A l g$$

$$BI = \rho \pi r^2 g$$

• أما إذا عكس اتجاه التيار فى السلك أو اتجاه المجال المغناطيسى تصبح القوتين F و F_g فى نفس الاتجاه رأسياً إلى أسفل.

$$F_{(المحصلة)} = F_g + F$$

أياه

* إذا مر تياران
الطول المشترك
بقوة (F) كـ



مسلك XY من الألومنيوم مساحة مقطعه 0.2 cm^2 معلق أفقيًا، بينما يلامس طرفاه نهاية دائرة كهربية كما هو مبين بالرسم، احسب كثافة الفيض المغناطيسي الخارجى التى تعمل على أن يظل السلك معلقاً مع تحديد اتجاه خطوط الفيض.
(علمًا بأن: $g = 10 \text{ m/s}^2$ ، $\rho_{Al} = 2700 \text{ kg/m}^3$)

الصل

$$A = 0.2 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \quad I = 15 \text{ A} \quad g = 10 \text{ m/s}^2 \quad \rho_{Al} = 2700 \text{ kg/m}^3 \quad B = ?$$

لكى يظل السلك XY معلق يجب أن يتساوى وزن السلك مع القوة المغناطيسية المؤثرة لأعلى.



$$\therefore F = F_g$$

$$\therefore m = V_{ol} \rho_{Al} = A l \rho_{Al}$$

$$\therefore F = BI l$$

$$\therefore BI l = A l \rho_{Al} g$$

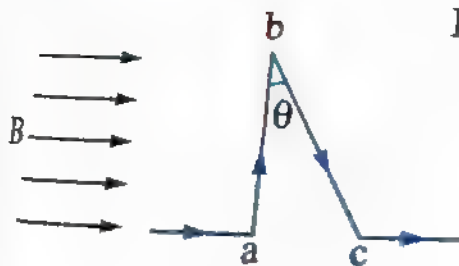
$$\therefore B = \frac{0.2 \times 10^{-4} \times 2700 \times 10}{15} = 3.6 \times 10^{-2} \text{ T}$$

واتجاه خطوط الفيض يكون إلى داخل الورقة وعمودى عليها.

17 اختبار نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

فى الشكل المقابل إذا كانت القوة المغناطيسية المؤثرة على الضلع ab هي F فيكون مقدار القوة المؤثرة على الضلع bc

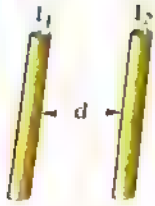


أ) أقل من F

ب) أكبر من F

ج) تساوى F

د) تساوى $F \sin \theta$



حساب القوة المتبادلة بين سلكين مستقيمين متوازيين ويحملان تيارين

إذا مر تياران I_1, I_2 في سلكين طويلين جدًا ومتوازيين المسافة بينهما d بحيث كان الطول المشترك للسلكين l فإن المجال المغناطيسي حول كل سلك يؤثر على السلك الآخر بقوة (F) كالتالي :

القوة المؤثرة على السلك

الثاني (F_2)

تنشأ نتيجة تأثيره بالمجال المغناطيسي للسلك الأول

$$F_2 = B_1 I_2 l = \frac{\mu I_1}{2 \pi d} I_2 l$$

الأول (F_1)

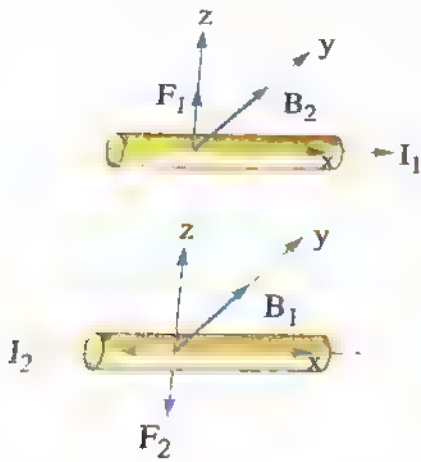
تنشأ نتيجة تأثيره بالمجال المغناطيسي للسلك الثاني :

$$F_1 = B_2 I_1 l = \frac{\mu I_2}{2 \pi d} I_1 l$$

$$\therefore F = F_1 = F_2 = \frac{\mu I_1 I_2 l}{2 \pi d}$$

حيث : (F) القوة المتبادلة بين السلكين ويتوقف نوعها على اتجاه التيار في كل منهما فإذا كان

I_2, I_1 في اتجاهين متضادين



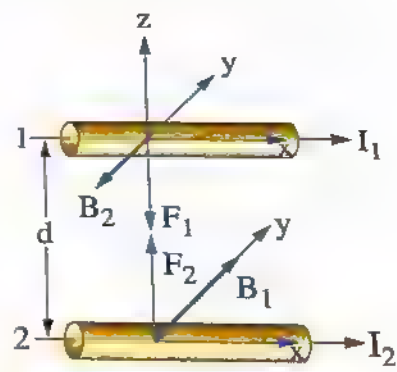
القوة المتبادلة تكون قوة تنافر

فإن

لأن

محصلة كثافة الفيض بين السلكين أكبر من محصلة كثافة الفيض خارجهما فتتولد قوة مغناطيسية تؤثر على السلكين اتجاهها من الموضع الأعلى في كثافة الفيض (الداخل) إلى الموضع الأقل في كثافة الفيض (الخارج) فيتنافرا، كما بالشكل.

I_2, I_1 في نفس الاتجاه



القوة المتبادلة تكون قوة تجاذب

محصلة كثافة الفيض خارج السلكين أكبر من محصلة كثافة الفيض بينهما فتتولد قوة مغناطيسية تؤثر على السلكين اتجاهها من الموضع الأعلى في كثافة الفيض (الخارج) إلى الموضع الأقل في كثافة الفيض (الداخل) فيتجاذبا، كما بالشكل.



سلكان مستقيمان ومتوازيان المسافة بينهما في الهواء 2 m يمر في كل منهما تيار كهربائي وفي نفس الاتجاه فإذا أعديت كثافة الفيض المغناطيسي عند نقطة في منتصف المسافة بينهما وكانت القوة المؤثرة على وحدة الأطوال من أي من السلكين $4 \times 10^{-5} \text{ N/m}$ احسب شدة التيار المار في كل من السلكين (علماً بأن $\mu = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Wb/A.m}$)

الحل

$$d = 2 \text{ m} \quad \frac{F}{l} = 4 \times 10^{-5} \text{ N/m} \quad \mu = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Wb/A.m}$$

$$I_1 = ? \quad I_2 = ?$$

∴ كثافة الفيض عند نقطة في منتصف المسافة بين السلكين = صفر

$$I_1 = I_2$$

$$F = \frac{\mu I_1 I_2}{2\pi d}$$

$$4 \times 10^{-5} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times I_1^2}{2\pi \times 2}$$

$$I_1 = I_2 = 20 \text{ A}$$

إرشاد

* لتعيين قوة المغناطيسية التي يؤثر بها سلكان I_1 و I_2 على سلك ثالث I_3 في نفس المستوى

- نحسب كثافة الفيض الناشئة عن السلك الأول عند موضع السلك الثالث .

$$B_{13} = \mu \frac{I_1}{2\pi d_{13}}$$

- نحسب كثافة الفيض الناشئة عن السلك الثاني عند موضع السلك الثالث :

$$B_{23} = \mu \frac{I_2}{2\pi d_{23}}$$

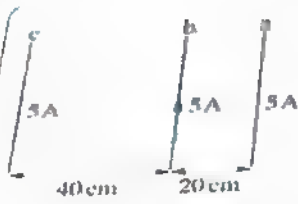
$$B_t = B_{13} \pm B_{23}$$

- نحسب كثافة الفيض المحصلة :

$$F = B_t I_3 l$$

- نحسب القوة المحصلة :

الشكل المقابل يوضح ثلاثة أسلاك متوازية، أوجد القوة المؤثرة على
القطر الواحد من السلك b عندما يكون التياران في السلكين a، c،
(1) في اتجاه واحد. (ب) في اتجاهين متضادين.
(علمًا بأن: $\mu = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Wb/A.m}$)



$$I_a = I_c = I_b = 5 \text{ A} \quad d_{ab} = 20 \times 10^{-2} \text{ m} \quad d_{cb} = 40 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$\mu = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Wb/A.m} \quad \frac{F_b}{l_b} = ?$$

$$B = \frac{\mu I}{2\pi d}$$

$$B_{ab} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 5}{2\pi \times 20 \times 10^{-2}} = 5 \times 10^{-6} \text{ T}$$

$$B_{cb} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 5}{2\pi \times 40 \times 10^{-2}} = 2.5 \times 10^{-6} \text{ T}$$

$$B_t = B_{ab} - B_{cb} = (5 \times 10^{-6}) - (2.5 \times 10^{-6}) = 2.5 \times 10^{-6} \text{ T} \quad (1)$$

$$\frac{F_b}{l_b} = B_t I_b = 2.5 \times 10^{-6} \times 5 = 12.5 \times 10^{-6} \text{ N/m}$$

$$B_t = B_{ab} + B_{cb} = (5 \times 10^{-6}) + (2.5 \times 10^{-6}) = 7.5 \times 10^{-6} \text{ T} \quad (ب)$$

$$\frac{F_b}{l_b} = B_t I_b = 7.5 \times 10^{-6} \times 5 = 37.5 \times 10^{-6} \text{ N/m}$$

18) اختر نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

١) سلكان متوازيان طويلا طول المتقابل بينهما 35 m والبعد بينهما 7 cm ويمر بكل منهما تياراً شدته

25 A في نفس الاتجاه، فيكون مقدار ونوع القوة المغناطيسية المتبادلة بينهما هما

(علمًا بأن: $\mu_{(موا)} = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Wb/A.m}$)

ب) $2.19 \times 10^{-3} \text{ N}$ ، قوة تجاذب

أ) $62.5 \times 10^{-3} \text{ N}$ ، قوة تنافر

د) $2.19 \times 10^{-3} \text{ N}$ ، قوة تنافر

ج) $62.5 \times 10^{-3} \text{ N}$ ، قوة تجاذب

عزم الازدواج

إذا وضع

به تيار كهربى

يكسب

المغناطيسية

الضلع

المغناطيسية

تسبب

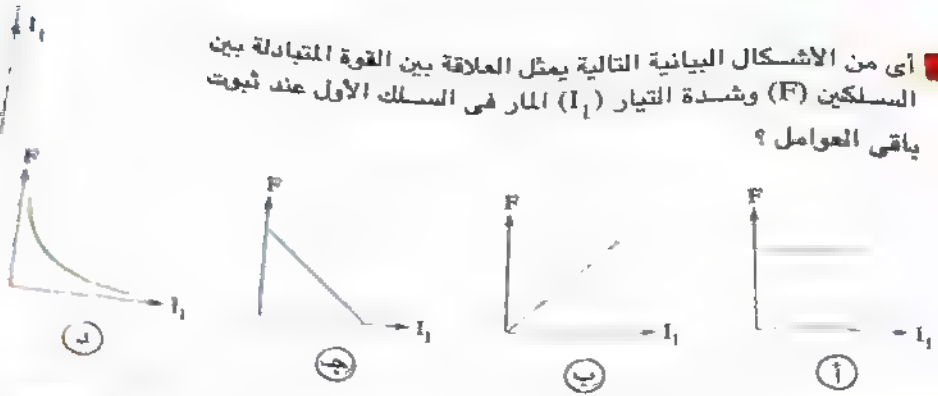
الضلع

المغناطيسية

نتيجة

عزم

٢ أى من الاشكال البيانية التالية يمثل العلاقة بين القوة المتبادلة بين السلكين (F) وشدة التيار (I_1) المار فى السلك الاول عند ثبوت باقى العوامل ؟



٣ الشكل المقابل يمثل سلكين مستقيمين متوازيين وفى نفس المستوى، الاول مثبت أفقياً ويمر به تيار شدته 20 A ويقع على مسافة 10 cm من سلك ثانٍ معلق بحيث يمكنه الحركة لأسفل أو لأعلى، فإذا كانت كتلة المتر الواحد من السلك الثانى 0.12 g/m فإن شدة التيار (I_2) الذى يجب أن يمر فيه حتى لا يسقط بتأثير الجاذبية الأرضية هى

(علماً بأن : $\mu = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Wb/A.m}$, $g = 10 \text{ m/s}^2$)

15 A (أ) 20 A (ب) 30 A (ج) 40 A (د)

٤ فى الشكل المقابل تكون النسبة بين القوة المغناطيسية المؤثرة على المتر الواحد من السلك x إلى تلك المؤثرة على المتر الواحد من السلك z تساوى

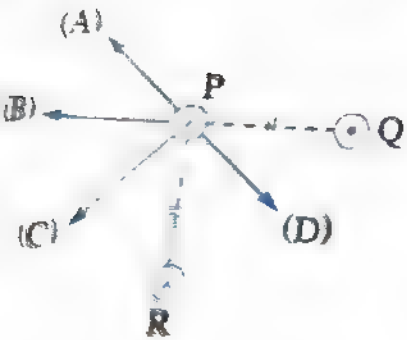
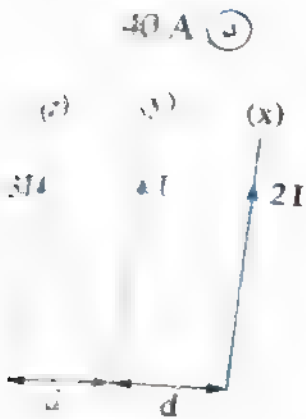
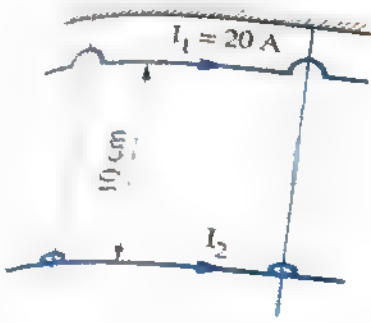
1/5 (أ) 5/6 (ب)

7/15 (ج) 1/9 (د)

٥ الشكل المقابل يوضح ثلاثة أسلاك طويلة P ، Q ، R مستواها عمودى على الصفحة يمر بكل منها نفس شدة التيار، فإذا كان تيار السلكين R ، P اتجاهه إلى داخل الصفحة بينما تيار السلك Q اتجاهه إلى خارج الصفحة، فأى من الاتجاهات الموضحة (A ، B ، C ، D) يمثل اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة على السلك P ؟

A (أ) B (ب)

C (ج) D (د)



عزم الازدواج المغناطيسي المؤثر على ملف مستطيل يمر به تيار كهربى موضوع فى مجال مغناطيسى



• إذا وضع ملف $abcd$ يتكون من لفه واحدة ويمر به تيار كهربى فى مجال مغناطيسى منتظم بحيث يكون مستوى الملف موازى لخطوط الفيض المغناطيسى، فإن
الضلعان bc ، ad يكونا موازيين لخطوط الفيض المغناطيسى فتكون القوة المؤثرة على كل منهما تساوى صفر.

- الضلعان cd ، ab يكونان متعامدان على خطوط الفيض المغناطيسى فيتأثر الضلعان بقوتين متساويتين فى المقدار ومتضادتين فى الاتجاه قيمة كل منهما :

$$F = BI l_{cd}$$

* نتيجة لهاتين القوتين ينشأ عزم ازدواج يعمل على دوران الملف حول محوره، وتتعين قيمته من العلاقة

$$\tau = BI l_{cd} \times l_{bc}$$

عزم الازدواج = إحدى القوتين \times البعد العمودى بينهما

حيث : البعد العمودى بينهما = طول أحد الضلعين l_{ad} أو l_{bc}

$$A = l_{cd} l_{bc}$$

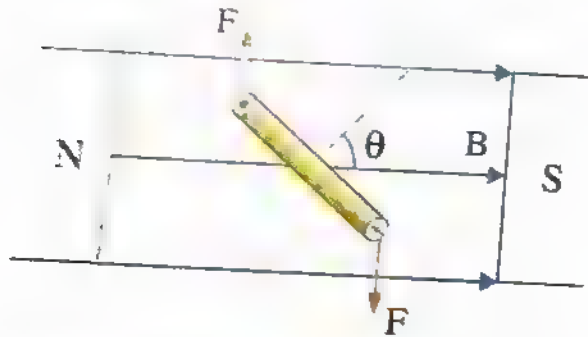
$$\therefore \tau = BIA$$

$$\tau = BIAN$$

وإذا كان الملف يحتوى على N من اللفات يصبح عزم الازدواج الكلى :

وعندما يصنع العمودى على مستوى الملف زاوية θ

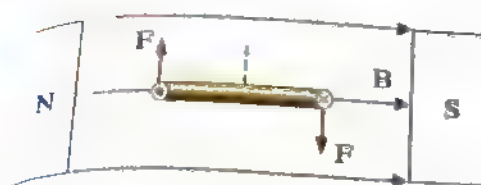
$$\tau = BIAN \sin \theta$$



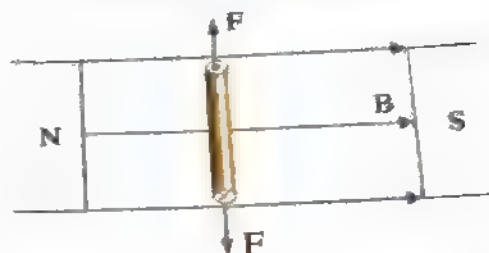
* وبالمثل عندما يكون مستوى الملف عمودياً على الفيض المغناطيسى تصبح القوتين المؤثرتين على كل ضلعين متقابلين للملف متساويتان فى المقدار ومتضادتان فى الاتجاه وخط عملهما على استقامة واحدة فتتعدم محصلتهما ولا يتولد عنهما عزم ازدواج، وبالتالى :

إذا كان مستوى الملف

موازي لاتجاه خطوط الفيض



عمودي على اتجاه خطوط الفيض



فإن

العمودي على مستوى الملف يكون عمودي
على المجال ($\theta = 90^\circ$)

$$\tau = BIAN \sin 90 = BIAN$$

عزم الازدواج قيمة عظمى

العمودي على مستوى الملف يكون موازي
للمجال ($\theta = 0^\circ$)

$$\tau = BIAN \sin 0 = 0$$

عزم الازدواج يتعدم

أي أن

وحدة قياس عزم الازدواج هي نيوتن.متر (N.m) والتي تكافئ تسلا. أمبير. متر² (T.A.m²)

ملاحظات

* الضلع الموازي لمحور دوران الملف دائماً عمودي على اتجاه المجال المغناطيسي ويتأثر بقوة ثابتة ($F = BIL$) في جميع أوضاع الملف في المجال المغناطيسي، وما يتغير مع دوران الملف هو البعد العمودي بين القوتين المؤثرتين على الضلعين الموازيين لمحور دوران الملف مما يسبب تغير قيمة عزم الازدواج المغناطيسي.

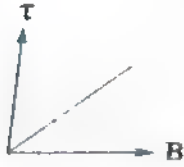
* الضلع العمودي على محور دوران الملف يتأثر بقوة تتراوح من الصفر عندما يكون مستوى الملف موازياً لاتجاه خطوط الفيض إلى قيمة عظمى عندما يصبح مستوى الملف عمودياً على اتجاه خطوط الفيض.

المواضع التي يتوقف عليها عزم الازدواج المغناطيسي

٣

كثافة الفيض المغناطيسي :

يتناسب عزم الازدواج المغناطيسي
تناسباً طردياً مع كثافة الفيض
المغناطيسي.

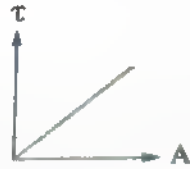


$$\text{slope} = \frac{\Delta \tau}{\Delta B} = IAN \sin \theta$$

٢

مساحة وجه الملف :

يتناسب عزم الازدواج المغناطيسي
تناسباً طردياً مع مساحة وجه
الملف.

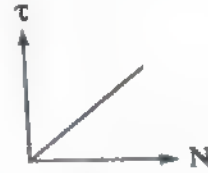


$$\text{slope} = \frac{\Delta \tau}{\Delta A} = BIN \sin \theta$$

١

عدد لفات الملف :

يتناسب عزم الازدواج المغناطيسي
تناسباً طردياً مع عدد لفات الملف.



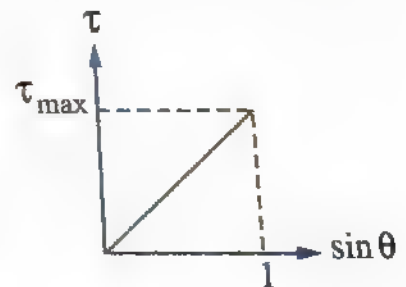
$$\text{slope} = \frac{\Delta \tau}{\Delta N} = BIA \sin \theta$$

$$\tau = B I A N \sin \theta$$

٤

الزاوية المحصورة بين العمودى على مستوى الملف وخطوط الفيض :

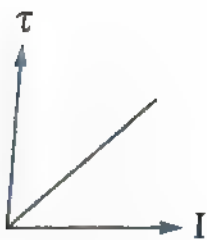
يتناسب عزم الازدواج المغناطيسي
تناسباً طردياً مع جيب الزاوية
المحصورة بين العمودى على
مستوى الملف وخطوط الفيض.



$$\text{slope} = \frac{\Delta \tau}{\Delta \sin \theta} = BIAN$$

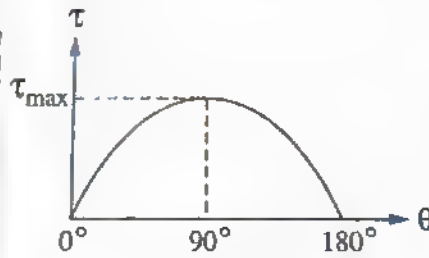
شدة التيار :

يتناسب عزم الازدواج المغناطيسي
تناسباً طردياً مع شدة التيار المار
فى الملف.



$$\text{slope} = \frac{\Delta \tau}{\Delta I} = BAN \sin \theta$$

تمثل العلاقة بين عزم الازدواج
المغناطيسي والزاوية المحصورة
بين العمودى على مستوى الملف
وخطوط الفيض بمنحنى جيبى.



ملف مستطيل مساحة وجهه 50 cm^2 مكون من 100 لفة وُضع في مجال مغناطيسي منتظم كثافته فيضيه 5 T وبه تيار شدته 1.2 A ، أوجد عزم الازدواج المؤثر على الملف في الحالات الآتية :

(أ) إذا كان مستوى الملف موازيًا لاتجاه خطوط الفيض.

(ب) إذا كان مستوى الملف عموديًا على اتجاه خطوط الفيض.

(ج) عندما يصنع مستوى الملف زاوية 20° مع خطوط الفيض.

الحل

$$A = 50 \times 10^{-4} \text{ m}^2, N = 100, B = 5 \text{ T}, I = 1.2 \text{ A} \quad \tau = ?$$

$$\tau = BIAN \sin \theta = 5 \times 1.2 \times 50 \times 10^{-4} \times 100 \times \sin 90 = 3 \text{ N.m} \quad (1)$$

$$\tau = 5 \times 1.2 \times 50 \times 10^{-4} \times 100 \times \sin 0 = 0 \quad (ب)$$

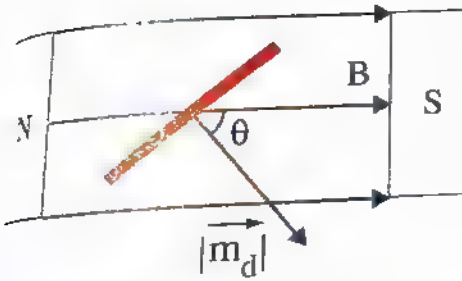
$$\tau = 5 \times 1.2 \times 50 \times 10^{-4} \times 100 \times \sin 70 = 2.82 \text{ N.m} \quad (ج)$$

عزم ثنائي القطب المغناطيسي

* الملف الذي يمر به تيار كهربى يعمل كثنائى قطب مغناطيسى، ويمثل عزم ثنائى القطب المغناطيسى لملف شد المجال المغناطيسى الناشئ عن مرور التيار الكهربى خلاله وبالتالي يعتمد على :

١ مساحة وجه الملف وعدد لفاته.

٢ شدة التيار المار فيه.



* عزم ثنائى القطب المغناطيسى لملف $|\vec{m}_d|$ هو كمية متجهة واتجاهها عمودى على مستوى الملف.

* يتعين عزم ثنائى القطب المغناطيسى من العلاقة :

$$|\vec{m}_d| = IAN$$

$$\therefore |\vec{m}_d| = \frac{\tau}{B \sin \theta}$$

$$\tau = B |\vec{m}_d| \sin \theta$$

يقاس عزم ثنائى القطب المغناطيسى بوحدة

نيوتن.متر/تسلا (N.m/T) وتكافئ أمبير.متر^٢ (A.m^2)

تحديد اتجاه عزم ثنائي القطب المغناطيسي

عزم ثنائي القطب المغناطيسي دائمًا عمودي على مستوى الملف، ويمكن تحديد اتجاهه باستخدام:

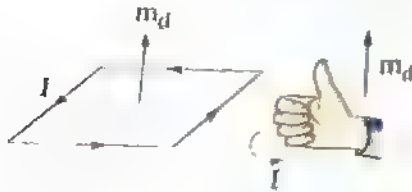
٢ قاعدة اليد اليمنى

١ قاعدة البريمة اليمنى

نص القاعدة (طريقة الاستخدام)

اجعل أصابع اليد اليمنى ماعدا الإبهام تشير إلى اتجاه التيار في الملف فيشير الإبهام إلى اتجاه عزم ثنائي القطب المغناطيسي.

اتجاه عزم ثنائي القطب المغناطيسي يكون في اتجاه تقدم بريمة اليد اليمنى ويكون اتجاه دوران البريمة هو اتجاه التيار.



العوامل التي يتوقف عليها عزم ثنائي القطب المغناطيسي

٢

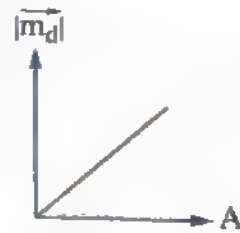


شدة التيار :

يتناسب عزم ثنائي القطب المغناطيسي تناسبًا طرديًا مع شدة التيار المار في الملف.

$$\text{slope} = \frac{\Delta |\vec{m}_d|}{\Delta I} = AN$$

١



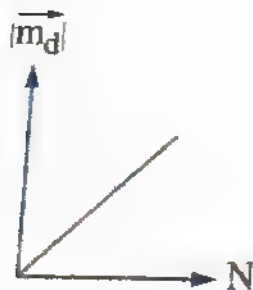
مساحة وجه الملف :

يتناسب عزم ثنائي القطب المغناطيسي تناسبًا طرديًا مع مساحة وجه الملف.

$$\text{slope} = \frac{\Delta |\vec{m}_d|}{\Delta A} = IN$$



٣



عدد لفات الملف :

يتناسب عزم ثنائي القطب المغناطيسي تناسبًا طرديًا مع عدد لفات الملف.

$$\text{slope} = \frac{\Delta |\vec{m}_d|}{\Delta N} = IA$$

ملف دائري عدد لفاته N ونصف قطره 10 cm إذا مر به تيار كهربى شدته I تولد عند مركزه قىض مغناطيسى كثافته $2 \times 10^{-4} \text{ T}$ ، احسب قيمة عزم ثنائى القطب المغناطيسى له. (علماً بأن: $\mu = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Wb/A.m}$)

$$r = 0.1 \text{ m} \quad B = 2 \times 10^{-4} \text{ T} \quad \mu = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Wb/A.m} \quad |\vec{m}_d| = ?$$

$$B = \mu \frac{NI}{2r} \quad \therefore I = \frac{2rB}{\mu N} = \frac{2 \times 0.1 \times 2 \times 10^{-4}}{4\pi \times 10^{-7} N} = \frac{31.82}{N}$$

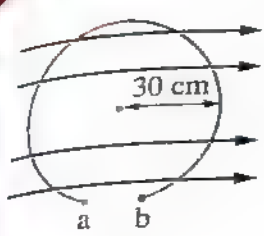
$$A = \pi r^2 = \pi \times (0.1)^2 = 0.031 \text{ m}^2 \quad |\vec{m}_d| = IAN = \frac{31.82}{N} \times 0.031 \times N = 0.99 \text{ A.m}^2$$

تطبيقات عزم الازدواج المغناطيسى

١ أجهزة القياس الكهربى التناظرية. ٢ المحرك الكهربى.

١٩ اختبار نفسك

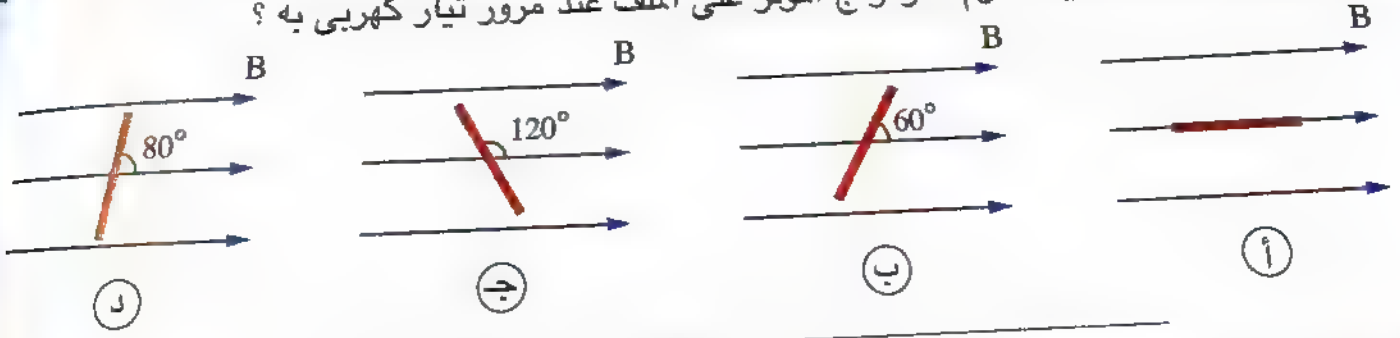
اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :



١ حلقة معدنية على شكل دائرة كاملة تقريباً لها فتحة كما بالشكل مقاومة سلكها 0.12Ω فإذا وُصلت بطارية قوتها الدافعة 1.5 V ومقاومتها الداخلية مهملة بين النقطتين a ، b ، يكون عزم الازدواج المغناطيسى المؤثر على الحلقة نتيجة لتأثرها بمجال مغناطيسى منتظم كثافته 0.2 T واتجاهه فى نفس مستوى الحلقة يساوى تقريباً

- ١ 0.5 N.m ٢ 0.7 N.m ٣ 0.9 N.m ٤ 1.1 N.m

٢ ملف موضوع فى مجال مغناطيسى منتظم فى مستوى الصفحة واتجاهه جهة اليمين، أى من الأوضاع التالية يعبر عن أقل قيمة لعزم الازدواج المؤثر على الملف عند مرور تيار كهربى به ؟



٣ إذا كان عزم الازدواج المؤثر على ملف يمر به تيار ومستواه موازياً لقيض مغناطيسى كثافته 0.3 T هو 12 N.m ، فإن عزم ثنائى القطب المغناطيسى لهذا الملف يساوى

- ١ 30 A.m^2 ٢ 40 A.m^2 ٣ 50 A.m^2 ٤ 80 A.m^2



في هذا الدرس سوف نتعرف :

◀ الجلفانومتر ذو الملف المتحرك [الجلفانومتر الحساس].

◀ أميتر التيار المستمر [الأميتر ذو الملف المتحرك].

◀ فولتميتر التيار المستمر.

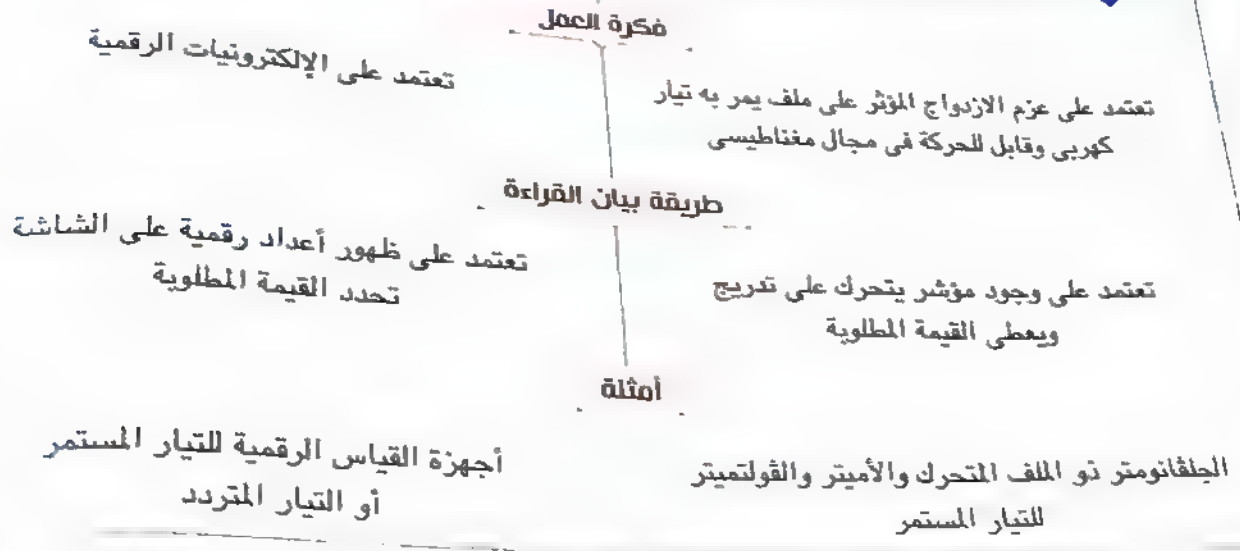
◀ الأوميتر.

* درسنا في الدرس السابق عزم الازدواج المغناطيسي المؤثر على ملف مستطيل يمر به تيار كهربى عند وضعه في مجال مغناطيسى، وتستخدم هذه الفكرة في عمل بعض أجهزة القياس الكهربى.

* تنقسم أجهزة القياس الكهربى إلى نوعين :

1 أجهزة القياس التناظرية (Analog)

2 أجهزة القياس الرقمية (Digital)

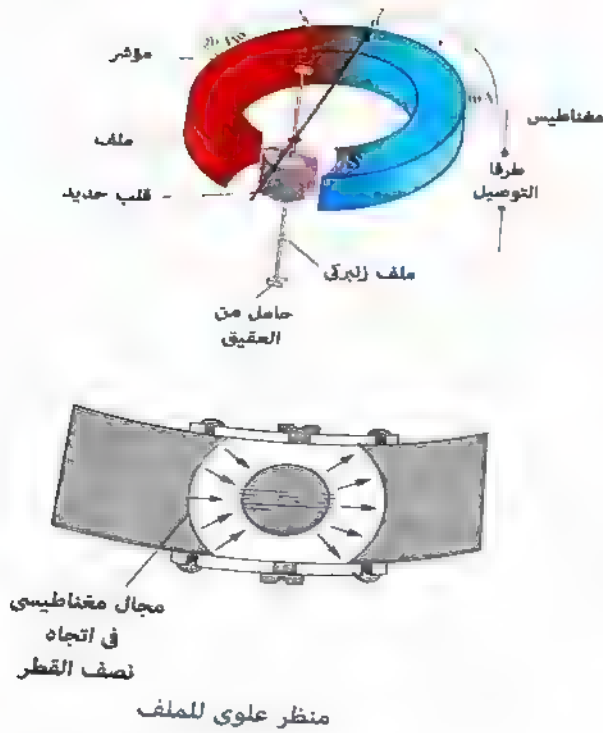


* سنتناول في هذا الدرس أحد أجهزة القياس الكهربى التناظرية بشىء من التفصيل وهو الجلفانومتر ذو الملف المتحرك وبعض التطبيقات عليه.

الجلفانومتر ذو الملف المتحرك (الجلفانومتر الحساس) Moving Coil Galvanometer

الاستخدام

- 1 الاستدلال على وجود تيارات كهربية مستمرة ضعيفة جداً في دائرة كهربية وقياس شدتها.
- 2 تحديد اتجاه التيارات المستمرة الضعيفة.



التركيب

١ ملف من سلك رفيع معزول ملفوف حول إطار مستطيل خفيف من الألمنيوم يمكن أن يدور حول محوره.

٢ قلب من الحديد المطاوع على هيئة أسطوانة ثابتة يوضع داخل الإطار المستطيل ومعزول عنه، لتركيز الفيض المغناطيسي داخل الملف.

٣ مغناطيس قوى على شكل حذاء الفرس قطبيه مقعرين يوضع الملف والقلب الحديدي بينهما، حتى تكون خطوط الفيض المغناطيسي بين القطبين على هيئة أنصاف أقطار وبالتالي في أى وضع للملف تكون خطوط الفيض موازية لمستوى الملف وعمودية على الضلعين الطويلين.

٤ زوج من الملفات الزنبركية (اللولبية)، لتعمل كوصلات لدخول وخروج التيار من الملف وللتحكم في حركة الملف كما تعمل على إعادة الملف إلى وضعه الأصلي عند انقطاع التيار.

٥ حوامل من العقيق، يركز عليها الملف لتقليل الاحتكاك وتسهيل حركته.

الأساس العلمي (فكرة العمل)

الشرح

عند مرور تيار كهربى فى ملف مستواه موازى لخطوط الفيض تتولد قوتان متوازيتان ومتساويتان فى المقدار ومتضادتان فى الاتجاه على الضلعين الطويلين (الموازيين لمحور دورانه) للملف فينشأ عنهما عزم ازدواج فيدور الملف حول محوره.

الفكرة

عزم الازدواج المؤثر على ملف قابل للحركة يمر به تيار كهربى وموضوع فى مجال مغناطيسى (التأثير المغناطيسى للتيار الكهربى).

١ عند مرور التيار الكهربى فى الملف فإن القوى المغناطيسية تولد عزمًا يعمل على دوران الملف فى اتجاه حركة عقارب الساعة أو عكسها.

٢ أثناء دوران الملف يتولد فى الملفين الزنبركيين عزم لى يعاكس عزم الازدواج المؤثر على ملف الجلفانومتر وتزداد قيمته تدريجيًا بزيادة زاوية انحراف المؤشر.

٣ عندما يتزن عزم اللس المتولد فى الملفين الزنبركيين مع عزم الازدواج المؤثر على ملف الجلفانومتر يستقر المؤشر أمام قراءة معينة تدل على مقدار شدة التيار.

٤ إذا عكس اتجاه التيار الكهربى فى الملف يتحرك الملف والمؤشر فى عكس الاتجاه.

ملاحظات

* صفر تدريج الجلفانومتر ذو الملف المتحرك فى المنتصف.

لكن يسمح للمؤشر بالانحراف على أى من جانبيه حسب اتجاه التيار المار فى ملفه.

* لا يصلح الجلفانومتر ذو الملف المتحرك لقياس شدة التيارات الكهربائية العالية،

لأن مرور تيار عالى الشدة فى ملفه قد يسبب :

- انحراف كبير مفاجئ يؤدى إلى اختلال اتزان الملف وفقد ملفات اللى جزء من مرونتها مما يسبب خطأ فى صفر التدريج.

- تولد حرارة فى أسلاك الملف مما قد يسبب تلف الملف.

* يجب معايرة الجلفانومتر ذو الملف المتحرك بعد فترة من استخدامه،

لأن بعد فترة من استخدام الجلفانومتر ذو الملف المتحرك قد تضعف قوة اللى فى الملفين الزنبركيين وكذلك قوة المغناطيس المستخدم مما قد يؤثر على دقة قراءة الجهاز.

حساسية الجلفانومتر

* تتناسب زاوية انحراف مؤشر الجلفانومتر طرديًا مع عزم الازدواج المغناطيسى المؤثر على الملف والذى يتناسب طرديًا مع شدة التيار المار فى الملف.

لذلك يكون تدريج الجلفانومتر منتظم، فإذا كانت زاوية انحراف مؤشر الجلفانومتر θ وشدة التيار المار فى الملف I فإن $(\theta \propto I)$.

أو أنه $\frac{\theta}{I} = \text{مقدار ثابت لكل جلفانومتر.}$

حساسية الجلفانومتر $= \frac{\theta}{I}$

* يسمى هذا المقدار الثابت حساسية الجلفانومتر :

تقاس حساسية الجلفانومتر بوحدة درجة/ميكروأمبير $(\text{deg}/\mu\text{A})$



* يمكن تمثيل العلاقة بين زاوية انحراف مؤشر الجلفانومتر (θ)

وشدة التيار المار في الملف (I) بيانياً كما بالشكل :

$$\text{slope} = \frac{\Delta \theta}{\Delta I} = \text{حساسية الجلفانومتر}$$

* مما سبق يمكن تعريف حساسية الجلفانومتر كالتالي :

حساسية الجلفانومتر ($\frac{\theta}{I}$)

تقدر بزاوية انحراف مؤشر الجلفانومتر عن وضع الصفر عند مرور تيار في ملفه شدته الوحدة.

مثال

جلفانومتر ذو ملف متحرك عندما يمر به تيار كهربى شدته 30 mA ينحرف المؤشر بزاوية 60° .
احسب حساسية الجلفانومتر.

الحل

$$I = 30 \text{ mA} \quad \theta = 60^\circ \quad \frac{\theta}{I} = ?$$

$$\text{حساسية الجلفانومتر} = \frac{\theta}{I} = \frac{60}{30} = 2 \text{ deg/mA}$$

إرشاد

* لتعيين شدة التيار المار في ملف الجلفانومتر

شدة التيار (I) = عدد الأقسام التى ينحرف إليها مؤشر الجلفانومتر \times دلالة القسم الواحد

مثال

احسب أقصى شدة تيار يقيسه جلفانومتر مدرج إلى 50 قسم إذا كانت دلالة القسم الواحد 0.1 mA

الحل

$$I = ? \quad 0.1 \text{ mA} = \text{دلالة قسم الجلفانومتر الواحد} \quad 50 = \text{عدد الأقسام التى ينحرف إليها المؤشر}$$

شدة التيار = عدد الأقسام التى ينحرف إليها مؤشر الجلفانومتر \times دلالة القسم الواحد

$$I = 50 \times 0.1 = 5 \text{ mA} = 5 \times 10^{-3} \text{ A}$$

اختبر نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

الشكل المقابل يمثل انحراف مؤشر جلفانومتر ذو ملف متحرك عند مرور تيار كهربى فى ملفه، فإذا كانت الزاوية (θ) تساوى 30° ، فإن حساسية الجهاز تساوى

- (أ) $1.5 \text{ deg}/\mu\text{A}$ (ب) $3 \text{ deg}/\mu\text{A}$
(ج) $4.5 \text{ deg}/\mu\text{A}$ (د) $6 \text{ deg}/\mu\text{A}$

تطبيقات على الجلفانومتر ذو الملف المتحرك

* يمكن تحويل الجلفانومتر إلى :



أميتر التيار المستمر (الأميتر ذو الملف المتحرك) DC Ammeter

الاستخدام

قياس شدة تيارات كهربية مستمرة عالية الشدة مقارنة بالجلفانومتر.

الأساس العلمى (فكرة العمل)

عزم الازدواج المؤثر على ملف قابل للحركة يمر به تيار كهربى وموضوع فى مجال مغناطيسى (التأثير المغناطيسى للتيار الكهربى).

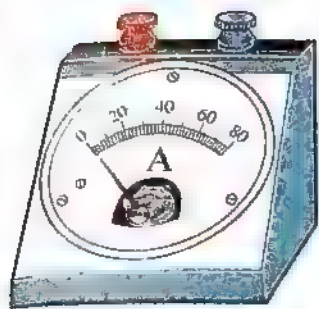
التوصيل فى الدائرة الكهربائية

يوصل الأميتر فى الدوائر الكهربائية على التوالى، حتى يمر فيه نفس التيار المار فى الدائرة.

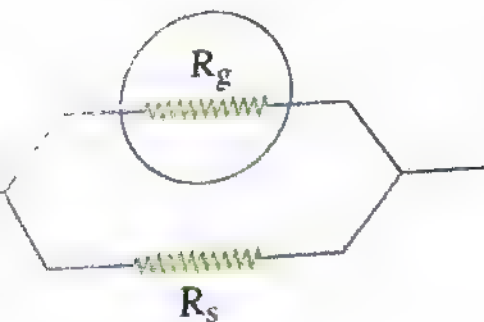
التركيب

١ جلفانومتر ذو ملف متحرك.

٢ مقاومة صغيرة تسمى مجزئ التيار (R_s)، توصل على التوازي مع ملف الجلفانومتر،



أميتر



واهميتها :

- ١- حماية الجلفانومتر من التلف حيث إنها تسمح بمرور معظم التيار بها.
- ٢- زيادة مدى قياس شدة التيار بالجلفانومتر فيقيس شدة تيار أكبر.
- ٣- تقلل من المقاومة الكلية للأميتر وبالتالي يقل تأثير الجهاز على المقاومة الكلية للدائرة وعلى شدة التيار المار بها فتزيد دقة الجهاز في قياس شدة التيار.

* مما سبق يمكن تعريف مجزئ التيار كما يلي :

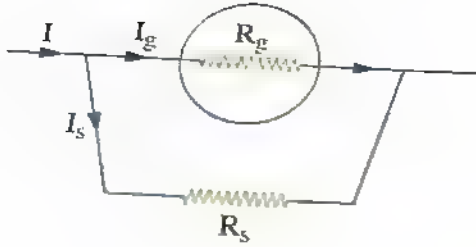
مجزئ التيار

مقاومة صغيرة توصل بالجلفانومتر على التوازي لتحويله إلى أميتر يقيس شدة تيار أكبر.

ملاحظة

* عند توصيل مجزئ تيار على التوازي مع ملف جلفانومتر يزداد مدى قياس شدة التيار بالجلفانومتر فتقل حساسية الجهاز، فعند ثبوت زاوية انحراف المؤشر (θ) تتناسب حساسية الجهاز عكسياً مع أقصى قراءة على تدريجه.

حساب قيمة مقاومة مجزئ التيار



$\therefore R_s, R_g$ متصلتان على التوازي.

$$\therefore V_g = V_s$$

$$\therefore I_g R_g = I_s R_s \quad , \quad R_s = \frac{I_g R_g}{I_s}$$

$$\therefore I = I_g + I_s$$

$$\therefore I_s = I - I_g$$

$$\therefore R_s = \frac{I_g R_g}{I - I_g}$$

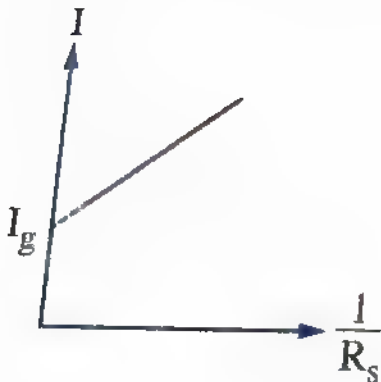
حيث : (I_g) أقصى تيار يتحمله ملف الجلفانومتر، (I_s) التيار المار في مجزئ التيار، (I) شدة التيار الكلية (أقصى تيار يمكن أن يقيسه الأميتر).

* العلاقة البيانية بين أقصى شدة تيار يقيسه الأميتر (I)

ومقلوب مقاومة مجزئ التيار ($\frac{1}{R_s}$) :

$$\therefore I = I_g + \frac{V_g}{R_s}$$

$$\therefore \text{slope} = \frac{\Delta I}{\Delta(\frac{1}{R_s})} = V_g = I_g R_g$$



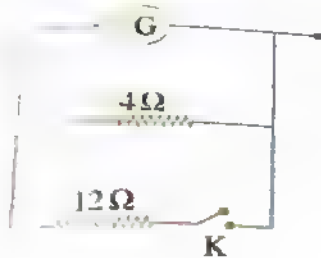
مثال ١ جلفانومتر مقاومة ملفه 2Ω يتحمل تيار أقصاه 5 mA ، احسب المقاومة اللازمة لتحويله إلى أميتر يقيس تيار أقصاه 10 A

الحل

$$R_g = 2 \Omega \quad I_g = 5 \times 10^{-3} \text{ A} \quad I = 10 \text{ A} \quad R_s = ?$$

$$R_s = \frac{I_g R_g}{I - I_g} = \frac{5 \times 10^{-3} \times 2}{10 - (5 \times 10^{-3})} = 1.0005 \times 10^{-3} \Omega$$

مثال ٢



أميتر يتكون من جلفانومتر مقاومته 96Ω وقراءة نهاية تدريجه (I_g) يتصل بمقاومتين ومفتاح كما بالشكل، فإذا كانت أقصى شدة تيار يقيسها الأميتر والمفتاح (K) مفتوح هي 0.25 A ، فأوجد:

(1) قيمة (I_g)

(2) أقصى شدة تيار يقيسها الأميتر عند غلق المفتاح (K).

الحل

$$R_g = 96 \Omega \quad (R_s)_1 = 4 \Omega \quad (R_s)_2 = 12 \Omega \quad I_g = ? \quad I_2 = ?$$

$$(R_s)_1 = \frac{I_g R_g}{I_1 - I_g}$$

(1)

$$4 = \frac{1 \times 96}{0.25 - I_g}$$

$$1 - 4 I_g = 96 I_g \quad , \quad 1 = 100 I_g$$

$$\therefore I_g = 0.01 \text{ A}$$

(2) عند غلق المفتاح (K) تصبح مقاومة مجزئ التيار المتصلة بالجلفانومتر:

$$R_s = \frac{(R_s)_1 (R_s)_2}{(R_s)_1 + (R_s)_2} = \frac{4 \times 12}{4 + 12} = \frac{48}{16} = 3 \Omega$$

$$R_s = \frac{I_g R_g}{I_2 - I_g}$$

$$3 = \frac{0.01 \times 96}{I_2 - 0.01}$$

$$3 I_2 - 0.03 = 0.96$$

$$3 I_2 = 0.99$$

$$I_2 = \frac{0.99}{3} = 0.33 \text{ A}$$

إرشاد

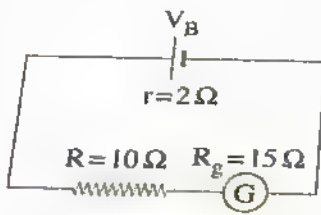
$$R_{(أميتر)} = \frac{R_g R_s}{R_g + R_s} = \frac{V_g}{I}$$

* لحساب المقاومة الكلية للاميتر ($R_{(أميتر)}$):

* لتعيين شدة التيار المار في الاميتر:

شدة التيار (I) = عدد الأقسام التي ينحرف إليها مؤشر الأميتر \times دلالة القسم الواحد

مثال ١



الدائرة الكهربائية المقابلة تتكون من بطارية قوتها الدافعة الكهربائية V_B ومقاومتها الداخلية 2Ω تتصل بمقاومة ثابتة 10Ω وجلفانومتر مقاومة ملفه 15Ω ، أوجد النسبة بين التيارين المارين في الدائرة الكهربائية قبل وبعد توصيل ملف الجلفانومتر بمجزئ تيار قيمته 10Ω

الحل

$$r = 2 \Omega \quad R = 10 \Omega \quad R_g = 15 \Omega \quad R_s = 10 \Omega \quad \frac{I_1}{I_2} = ?$$

* قبل توصيل مجزئ التيار:

$$I_1 = \frac{V_B}{R + R_g + r} = \frac{V_B}{10 + 15 + 2} = \frac{V_B}{27}$$

* بعد توصيل مجزئ التيار:

$$R_{(أميتر)} = \frac{R_s R_g}{R_s + R_g} = \frac{10 \times 15}{10 + 15} = 6 \Omega$$

$$I_2 = \frac{V_B}{R + R_{(أميتر)} + r} = \frac{V_B}{10 + 6 + 2} = \frac{V_B}{18}$$

$$\therefore \frac{I_1}{I_2} = \frac{V_B}{27} \times \frac{18}{V_B} = \frac{2}{3}$$

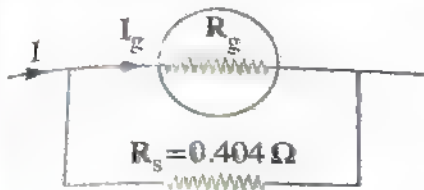
مثال (٢) جلفانومتر مقاومة ملفه 40Ω يتكون من عشرة أقسام ويدل كل قسم من أقسامه على 10 mA .
 (١) اشرح كيف يمكن تحويل الجلفانومتر لأميتر يقيس تيار أقصاه 10 A مع الرسم.
 (ب) احسب دلالة القسم الواحد بعد تحويل الجلفانومتر لأميتر.
 (ج) احسب المقاومة المكافئة للاميتر.

حل
 (١) عدد الأقسام التي ينحرف إليها مؤشر الجلفانومتر $R_g = 40 \Omega$
 $= 10$
 دلالة قسم الجلفانومتر الواحد $= 10 \times 10^{-3} \text{ A}$, $I = 10 \text{ A}$

$$R_s = ? \quad || \quad \text{دلالة قسم الأميتر الواحد} = ? \quad || \quad R_{(\text{اميتر})} = ?$$

(١) دلالة قسم الجلفانومتر الواحد \times عدد الأقسام التي ينحرف إليها مؤشر الجلفانومتر I_g
 $= 10 \times 10 \times 10^{-3} = 0.1 \text{ A}$

$$R_s = \frac{I_g R_g}{I - I_g} = \frac{0.1 \times 40}{10 - 0.1} = 0.404 \Omega$$



توصل مقاومة قدرها 0.404Ω على التوازي مع ملف الجلفانومتر.

(ب) شدة التيار = عدد الأقسام التي ينحرف إليها مؤشر الأميتر \times دلالة قسم الأميتر الواحد

$$10 = 10 \times \text{دلالة قسم الأميتر الواحد}$$

دلالة قسم الأميتر الواحد = 1 أمبير

$$R_{(\text{اميتر})} = \frac{R_g R_s}{R_g + R_s} = \frac{40 \times 0.404}{40 + 0.404} = 0.4 \Omega \quad (ج)$$

إرشاد

* النسبة بين حساسية الأميتر وحساسية الجلفانومتر :

$$\frac{\text{حساسية الأميتر}}{\text{حساسية الجلفانومتر}} = \frac{\frac{\theta}{I}}{\frac{\theta}{I_g}} = \frac{I_g}{I}$$

$$\therefore R = \frac{V}{I} = \frac{I_g R_g}{I} = \frac{R_g R_s}{R_g + R_s}$$

$$\therefore \frac{I_g}{I} = \frac{R_s}{R_g + R_s}$$

مثال

مجزئتيار 0.1Ω تنقص حساسية جلفانومتر إلى العشر، أوجد مقاومة المجزئتي التي ينقص حساسية هذا الجلفانومتر إلى الربع.

الحل

* عندما تنقص الحساسية إلى العشر فإن :

$$I = 10 I_g$$

$$\frac{I_g}{I} = \frac{R_g}{R_g + R_s}$$

$$\frac{1}{10} = \frac{0.1}{R_g + 0.1}$$

$$R_g + 0.1 = 10 \times 0.1$$

$$\therefore R_g = 0.9 \Omega$$

$$I = 4 I_g$$

* عندما تنقص الحساسية إلى الربع فإن :

$$(R_s)_2 = \frac{I_g R_g}{I - I_g} = \frac{I_g \times 0.9}{4 I_g - I_g} = \frac{0.9}{3} = 0.3 \Omega$$

21) اختر نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

1 إذا كانت النسبة بين مقاومة الأميتر ومقاومة الجلفانومتر هي $\frac{1}{5}$ فإن النسبة بين مقاومة مجزئتي التيار إلى مقاومة الجلفانومتر هي

أ) $\frac{4}{1}$

ب) $\frac{1}{4}$

ج) $\frac{6}{1}$

د) $\frac{1}{6}$

2 جلفانومتر مقاومة ملفه R فإن مقاومة مجزئتي التيار التي تجعل حساسية الجهاز تقل إلى الخمس هي

أ) $\frac{R}{4}$

ب) $\frac{R}{3}$

ج) $\frac{R}{2}$

د) R

3 في الشكل الموضح عند غلق المفتاح K_1 فقط تقل حساسية

الجهاز إلى ربع قيمتها، فإن حساسية الجهاز عند غلق K_2

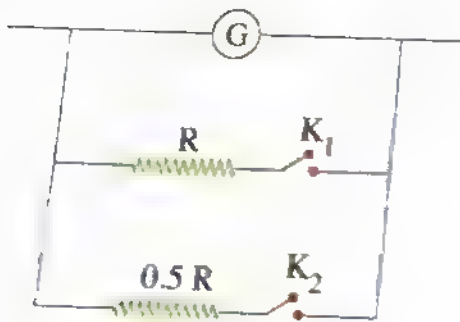
فقط تقل إلى قيمتها.

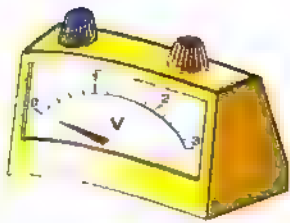
أ) $\frac{1}{6}$

ب) $\frac{1}{5}$

ج) $\frac{1}{8}$

د) $\frac{1}{7}$





فولتметр

2

فولتميتر التيار المستمر DC Voltmeter

الاستخدام

قياس فرق الجهد بين نقطتين في دائرة كهربائية.

الأساس العلمي (فكرة العمل)

عزم الازدواج المؤثر على ملف قابل للحركة يمر به تيار كهربى وموضوع فى مجال مغناطيسى (التأثير المغناطيسى للتيار الكهربى).

التوصيل فى الدائرة الكهربائية

يوصل الجهاز على التوازي بين طرفى الجزء المراد قياس فرق الجهد بين طرفيه فى الدائرة الكهربائية بحيث يتصل الطرف الموجب للفولتميتر بالجهد الموجب والطرف السالب بالجهد السالب، ليكون فرق الجهد بين طرفى الفولتميتر مساوى لفرق الجهد المطلوب قياسه.



التركيب

١ جلفانومتر ذو ملف متحرك.

٢ مقاومة كبيرة تسمى مضاعف الجهد (R_m) توصل على التوالي مع ملف الجلفانومتر،

وأهميتها :

١- زيادة مدى الجهاز لقياس فروق جهد أكبر وبالتالي تقل حساسيته.

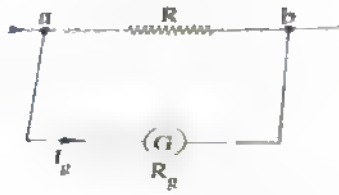
٢- زيادة المقاومة الكلية للفولتميتر وبالتالي عند توصيله على التوازي فى الدائرة يقل ما يسحبه من تيار الدائرة فيقل تأثير الجهاز على فرق الجهد المطلوب قياسه مما يعمل على زيادة دقة الجهاز.

* مما سبق يمكن تعريف مضاعف الجهد كما يلى :

مضاعف الجهد

مقاومة كبيرة توصل بالجلفانومتر على التوالي لتحويله إلى فولتميتر يقيس فروق جهد أكبر.

ملاحظة



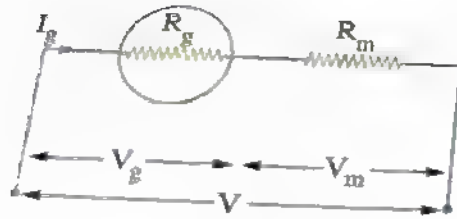
* هل يمكن للجلفانومتر قياس فرق الجهد بين نقطتين ؟
عند توصيل جلفانومتر على التوازي مع مقاومة (R) في دائرة كهربائية يصبح فرق الجهد بين طرفي الجلفانومتر (V_g) مساوياً لفرق الجهد بين طرفي المقاومة (R).

$$\therefore V = V_g = I_g R_g$$

وحيث إن مقدار R_g ثابت لنفس الجلفانومتر.

$$\therefore V_g \propto I_g$$

وبالتالي يمكن إعادة معايرة تدريج الجلفانومتر (I_g) ليصبح تدريجاً مناسباً لقياس فرق الجهد (V_g).



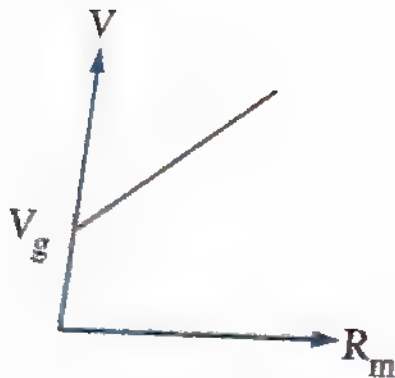
حساب قيمة مقاومة مضاعف الجهد

$\therefore R_m, R_g$ متصلتان على التوالي.

$$\therefore V = V_g + V_m = I_g R_g + I_g R_m$$

حيث : (V_m) فرق الجهد بين طرفي مضاعف الجهد، (V) أقصى فرق جهد يقيسه الفولتميتر.

$$\therefore R_m = \frac{V - I_g R_g}{I_g}$$



* العلاقة البيانية بين أقصى فرق جهد يقيسه الفولتميتر (V) ومقاومة مضاعف الجهد (R_m) :

$$\therefore V = I_g R_g + I_g R_m$$

$$\therefore \text{slope} = \frac{\Delta V}{\Delta R_m} = I_g$$

مثال (١)
جلفانومتر مقاومته ملفه 0.1Ω ويبلغ أقصى انحراف لمؤشره عندما يمر بملفه تيار شدته 1 mA .
احسب المقاومة المضاعفة للجهد اللازمة لتحويله إلى فولتميتر يصلح لقياس فرق جهد نهايته العظمى 50 V .

$$R_g = 0.1 \Omega \quad I_g = 10^{-3} \text{ A} \quad V = 50 \text{ V} \quad R_m = ?$$

$$V_g = I_g R_g = 10^{-3} \times 0.1 = 10^{-4} \text{ V}$$

$$R_m = \frac{V - V_g}{I_g} = \frac{50 - 10^{-4}}{10^{-3}} = 49999.9 \Omega$$

مثال (٢)

دائرة كهربية تحتوى على مقاومة مقدارها 20Ω موصلة على التوازي بفولتميتر مقاومته 300Ω وعندما مر بالدائرة تيار شدته الكلية 1.2 A انحراف مؤشر الفولتميتر إلى نهاية تدريجه، احسب قراءة الفولتميتر حينئذ، وإذا وُصل هذا الفولتميتر على التوالي مع مقاومة مقدارها 5700Ω احسب أقصى فرق جهد يمكن أن يقيسه الفولتميتر.

الحل

$$R = 20 \Omega \quad (R_v)_1 = 300 \Omega \quad I = 1.2 \text{ A} \quad R_m = 5700 \Omega \quad V_1 = ? \quad V_2 = ?$$

$$R = \frac{(R_v)_1 R}{(R_v)_1 + R} = \frac{300 \times 20}{300 + 20} = 18.75 \Omega$$

$$V_1 = IR = 1.2 \times 18.75 = 22.5 \text{ V}$$

* لحساب أقصى فرق جهد (V_2) يمكن أن يقيسه الفولتميتر بعد توصيل مضاعف الجهد (5700Ω) نعتبر أن مقاومة الفولتميتر الأول (R_v) هي مقاومة الجلفانومتر المستخدم فى صناعة الفولتميتر الثانى.
* لحساب V_2 لابد أولاً إيجاد أقصى شدة تيار (I_g) يتحمله الجلفانومتر :

$$I_g = \frac{V_1}{(R_v)_1} = \frac{22.5}{300} = 0.075 \text{ A}$$

$$R_m = \frac{V_2 - V_1}{I_g}$$

$$5700 = \frac{V_2 - 22.5}{0.075}$$

$$\therefore V_2 = 450 \text{ V}$$

إرشاد

• لحساب المقاومة الكلية للفولتميتر (R_g)

$$R_{\text{فولتميتر}} = R_g + R_m = \frac{V}{I_g}$$

• لتعيين فرق الجهد الكلى بين طرفي الفولتميتر

فرق الجهد (V) = عدد الأقسام التى ينحرف إليها مؤشر الفولتميتر \times دلالة القسم الواحد

مثال ١

جلقانومتر حساس مقاومة ملفه 150Ω وأقصى تيار يتحمله 10 mA وُصل ملفه على التوازي بمقاومة مقدارها 10Ω ليكونا معًا جهازًا واحدًا، ثم وُصل هذا الجهاز على التوالي بمقاومة مقدارها 1000Ω ليكونا فولتميتر، احسب أقصى فرق جهد يمكن أن يقيسه هذا الفولتميتر.

الحل

$$R_g = 150 \Omega \quad I_g = 10 \text{ mA} \quad R_s = 10 \Omega \quad R_m = 1000 \Omega$$

$$V = ?$$

$$R_s = \frac{I_g R_g}{I - I_g}$$

$$10 = \frac{10 \times 10^{-3} \times 150}{I - (10 \times 10^{-3})}$$

$$\therefore I = 0.16 \text{ A}$$

$$\tilde{R} = \frac{150 \times 10}{150 + 10} = 9.375 \Omega$$

$$V = I(\tilde{R} + R_m) = 0.16 \times (9.375 + 1000) = 161.5 \text{ V}$$

مثال ٢

فولتميتر يتكون من جلقانومتر مقاومته 250Ω ومضاعف جهد $(R_m)_1$ يستخدم لقياس فروق جهد حتى 75 V ، فإذا كانت شدة التيار المار فى الفولتميتر 0.02 A ، احسب :

(أ) مقاومة مضاعف الجهد $(R_m)_1$.

(ب) أقصى فرق جهد يقيسه الفولتميتر إذا وُصل مع مضاعف الجهد على التوالي بمقاومة أخرى قيمتها 3750Ω

$$R_g = 250 \Omega \cdot V_1 = 75 V \cdot I_g = 0.02 A \cdot (R_m)_1 = ? \cdot V_2 = ?$$

$$R_{\text{فولتميتر}} = \frac{V_1}{I_g} = \frac{75}{0.02} = 3750 \Omega$$

$$R_{\text{فولتميتر}} = R_g + (R_m)_1$$

$$(R_m)_1 = R_{\text{فولتميتر}} - R_g = 3750 - 250 = 3500 \Omega$$

$$(R_m)_2 = (R_m)_1 + 3750 = 3500 + 3750 = 7250 \Omega$$

$$V_2 = I_g ((R_m)_2 + R_g)$$

$$= 0.02 (7250 + 250) = 150 V$$

الصل

(1)

(ب)

22 اختبار نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

1 في جهاز الفولتميتر تكون النسبة بين شدة التيار المار في ملف الجلفانومتر وشدة التيار المار في مضاعف الجهد المتصل به دائماً

(أ) أكبر من الواحد الصحيح

(ب) تساوى الواحد الصحيح

(ج) أصغر من الواحد الصحيح

(د) لا يمكن تحديد الإجابة

2 ثلاثة فولتميترات A ، B ، C لها نفس المدى ومقاومتها على الترتيب 500Ω ، 5000Ω ، 10000Ω ،

فيكون الفولتميتر الأكثر دقة عند استخدامه في قياس فرق الجهد هو

(أ) الفولتميتر A

(ب) الفولتميتر B

(ج) الفولتميتر C

(د) جميعها لها نفس الدقة

3 فولتميتر مقاومته 1000Ω يستطيع قياس فرق جهد أقصاه $1 V$ ، إذا وُصل معه مضاعف جهد R_m

فزاد مداه بمقدار $3 V$ فتكون قيمة R_m هي

(أ) 3000Ω (ب) 4000Ω (ج) 6000Ω (د) 8000Ω

الأوميتير Ohmmeter

٣

الاستخدام

قياس قيمة مقاومة مجهولة.

التوصيل

يوصل طرفى الجهاز بطرفى المقاومة المراد قياس قيمتها (R_x).

التركيب

١ ميكروأميتر (جلفانومتر) مقاومته R_g

٢ مقاومة عيارية تتكون من

مقاومة ثابتة (R_c) توصل على التوالي مع الميكروأميتر،

تعمل على زيادة مقاومة دائرة الأوميتير كي لا يمر تيار كبير فى ملف الجلفانومتر فلا يتلف ملفه.

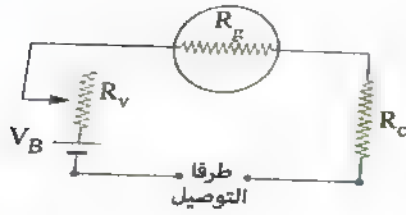
٣ مقاومة متغيرة (R_v) توصل على التوالي مع الميكروأميتر،

للتحكم فى شدة التيار المار فى الجهاز ويتم ضبطها

فى البداية بحيث تسمح بمرور أقصى تيار يتحملة الملف

فينحرف المؤشر إلى نهاية تدريج الجلفانومتر (صفر تدريج

الأوميتير) وذلك قبل إدماج أى مقاومة خارجية (R_x).



٣ عمود جاف قوته الدافعة الكهربائية ثابتة حتى تتناسب شدة التيار المار فى الجلفانومتر تناسباً عكسياً مع المقاومة الكلية داخل وخارج جهاز الأوميتير تبعاً لقانون أوم للدائرة المغلقة.

الأساس العلمى (فكرة العمل)

يعتمد قياس مقاومة ما على العلاقة العكسية بين قيمة المقاومة الكلية للدائرة (داخل وخارج جهاز الأوميتير) وشدة التيار المستمر عند ثبوت فرق الجهد تبعاً لقانون أوم للدائرة المغلقة :

$$I = \frac{V_B}{R_t} = \frac{V_B}{R_g + r + R_c + R_v + R_x}$$

القوة الدافعة الكهربائية للعمود

شدة التيار المار فى الجلفانومتر

المقاومة الخارجية المطلوب قياسها

المقاومة المتغيرة

المقاومة الثابتة

المقاومة الداخلية للعمود

مقاومة الجلفانومتر

المقاومة العيارية

مقاومة الأوميتير

فإذا ظل فرق الجهد ثابتاً ومعلومًا تقل قيمة شدة التيار المار فى الدائرة بزيادة قيمة المقاومة الكلية (R_t) ويمكن معايرة الجلفانومتر ليعطى قيمة المقاومة المجهولة مباشرة.

طريقة المعايرة

* في أحد أجهزة الأوميتير تم استخدام جلفانومتر مقاومة ملفه 250Ω وأقصى شدة تيار يقيسها $400 \mu A$ ونر توصيل الجلفانومتر ببطارية قوتها الدافعة الكهربية $1.5 V$ مهملة المقاومة الداخلية ومقاومة ثابتة مقدارها 3000Ω ومقاومة متغيرة مداها 6565Ω . ويمكن معايرة هذا الأوميتير كالآتي

١) نحسب قيمة مقاومة الدائرة اللازمة لمرور تيار I_g شدته $400 \mu A$ من العلاقة

$$\bar{R} = \frac{V_B}{I_g} = \frac{1.5}{400 \times 10^{-6}} = 3750 \Omega$$

٢) تضبط المقاومة المتغيرة (R_v) على 500Ω لتصبح مقاومة الأوميتير 3750Ω ، حيث

$$\bar{R} = R_c + R_g + R_v = 3000 + 250 + 500 = 3750 \Omega$$

فينحرف المؤشر إلى نهاية التدرج وتكون أقصى شدة تيار تمر في الملف هي :

$$I_g = \frac{V_B}{R_g + R_c + R_v} = \frac{V_B}{\bar{R}}$$

٣) عند توصيل مقاومة معلومة (R_x) بطرفي الأوميتير يمر تيار معين خلال الجلفانومتر فينحرف مؤشره إلى قراءة معينة للتيار تسجل مقابلها قيمة المقاومة.

مثال :

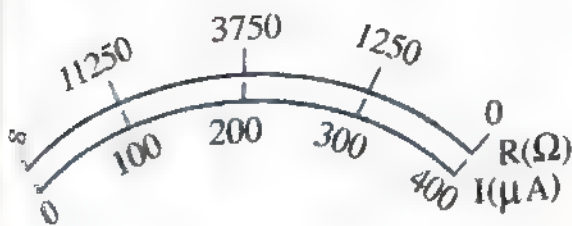
- عند توصيل مقاومة R_x قيمتها 1250Ω (ثلث مقاومة الأوميتير) ينحرف المؤشر إلى $\frac{3}{4}$ تدرج التيار. ويمكن حساب شدة التيار المار من العلاقة :

$$I = \frac{V_B}{R_t} = \frac{V_B}{\bar{R} + R_x} = \frac{V_B}{R_g + R_c + R_v + R_x}$$

- عند توصيل مقاومة R_x قيمتها 3750Ω (تساوي مقاومة الأوميتير) يقل التيار المار وينحرف المؤشر إلى منتصف تدرج التيار.

- عند توصيل مقاومة R_x قيمتها 11250Ω (3 أمثال مقاومة الأوميتير) ينحرف المؤشر إلى $\frac{1}{4}$ تدرج التيار.

٤) يتم تسجيل النتائج التي تم الحصول عليها على كل من تدرجي الجلفانومتر والأوميتير.



* يمكن تلخيص معايرة الأوميتير باعتبار أن مقاومة جهاز الأوميتير هي R_0 كما في الجدول التالي

شدة التيار العار في الجلفانومتر (I_g)	المقاومة الكلية ($R_0 + R_x$)	المقاومة الخارجية المتصلة بطرفي الأوميتير (R_x)
قراءة نهاية التدرج (I_g)	R_0	zero (طرفي الأوميتير متصلين معاً)
نصف تدرج الجلفانومتر ($\frac{1}{2} I_g$)	$2 R_0$	R_0 (تساوي مقاومة الأوميتير)
ثالث تدرج الجلفانومتر ($\frac{1}{3} I_g$)	$3 R_0$	$2 R_0$ (ضعف مقاومة الأوميتير)
ربع تدرج الجلفانومتر ($\frac{1}{4} I_g$)	$4 R_0$	$3 R_0$ (ثلاثة أمثال مقاومة الأوميتير)
صفر تدرج الجلفانومتر (0)	∞	∞ (دائرة الأوميتير مفتوحة)

مما سبق نستنتج أن :

- التدرج المستخدم لقياس المقاومات (تدرج الأوميتير) عكس تدرج التيار (تدرج الأوميتير).
- لأن شدة التيار تتناسب عكسياً مع المقاومة الكلية للدائرة ($I \propto \frac{1}{R_t}$) ، أي عند أقصى انحراف لمؤشر الجلفانومتر تتعذر المقاومة الخارجية بين طرفي الأوميتير (عند ملاسة طرفي التوصيل).
- أقسام تدرج الأوميتير ليست متساوية (التدرج غير منتظم)،
- لأن شدة التيار تتناسب عكسياً مع المقاومة الكلية للدائرة وليس مع المقاومة المجهولة فقط.

مثال

مللى أميتر مقاومة ملفه 50Ω يصل مؤشره إلى نهاية تدرجه إذا مر به تيار شدته 0.01 A يُراد تعديله إلى أوميتير، فإذا كانت القوة الدافعة الكهربية للعمود 2 V والمقاومة الداخلية له مهملة، احسب المقاومة (R) اللازمة لمعايرة الجهاز.

الحل

$$R_g = 50 \Omega \quad I_g = 0.01 \text{ A} \quad V_B = 2 \text{ V} \quad R = ?$$

$$\therefore I_g = \frac{V_B}{R_g + R} \quad , \quad 0.01 = \frac{2}{50 + R} \quad , \quad \therefore R = 150 \Omega$$

إرشاد

* عندما ينحرف مؤشر الأوميتير إلى جزء من التدرج، فإن :

$$I_g = \frac{V_B}{R} \quad , \quad I = \frac{V_B}{R + R_x} \quad , \quad \therefore \frac{I_g}{I} = \frac{R + R_x}{R}$$

مثال 1

أوميتير ينحرف مؤشره إلى $\frac{1}{4}$ تدرج التيار عندما يوصل معه مقاومة 300Ω ، احسب المقاومة التي تجعل مؤشره ينحرف إلى $\frac{1}{6}$ تدرج التيار.

الحل

$$I_1 = \frac{I_g}{4} \quad (R_x)_1 = 300 \Omega$$

$$I_2 = \frac{I_g}{6} \quad (R_x)_2 = ?$$

$$\therefore I_g = \frac{V_B}{R}$$

$$\therefore I_1 = \frac{V_B}{R + (R_x)_1}$$

$$\therefore \frac{1}{4} I_g = \frac{V_B}{4R} = \frac{V_B}{R + 300}$$

$$\therefore 4R = R + 300$$

$$R = 100 \Omega$$

$$\therefore I_2 = \frac{I_g}{6}$$

$$\therefore \frac{V_B}{6R} = \frac{V_B}{R + (R_x)_2}$$

$$\therefore 600 = 100 + (R_x)_2$$

$$\therefore (R_x)_2 = 500 \Omega$$

مثال 2

أوميتير ينحرف مؤشره إلى $\frac{1}{3}$ تدرج التيار عندما توصل معه مقاومة 600Ω ، احسب :

(1) المقاومة اللازم توصيلها لينحرف مؤشره إلى $\frac{3}{4}$ تدرج التيار.

(2) القوة الدافعة الكهربائية للبطارية إذا كان أقصى تيار يقيسه الميكروأميتير 10 mA

الحل

$$I_1 = \frac{I_g}{3}$$

$$I_2 = \frac{3I_g}{4}$$

$$I_g = 10 \times 10^{-3} \text{ A}$$

$$(R_x)_1 = 600 \Omega$$

$$(R_x)_2 = ?$$

$$V_B = ?$$

$$\frac{I_g}{I_1} = \frac{R + (R_x)_1}{R}$$

$$\frac{3I_g}{I_g} = \frac{R + 600}{R}$$

(1)

$$3R = R + 600$$

$$R = 300 \Omega$$

$$\frac{I_g}{I_2} = \frac{R + (R_x)_2}{R}$$

$$\frac{4I_g}{3I_g} = \frac{300 + (R_x)_2}{300}$$

$$400 = 300 + (R_x)_2$$

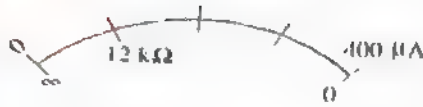
$$(R_x)_2 = 100 \Omega$$

(2)

$$I_g = \frac{V_B}{R}$$

$$10 \times 10^{-3} = \frac{V_B}{300}$$

$$V_B = 3 \text{ V}$$



1.6 V (د)

1.2 V (ج)

1.8 V (ب)

1.4 V (ا)

23 اختبار نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

يبين الشكل المقابل أقسام متساوية على تدريج جهاز الأوميتير، باستخدام البيانات المدونة تكون القوة الدافعة الكهربائية للعمود الكهربى فى الأوميتير مساوية لـ

، مما سبق يمكن المقارنة بين الأميتر والفولتميتر والأوميتير كما يلى :

الأميتر	الفولتميتر	الأوميتير	الوظيفة
قياس قيمة مقاومة مجهولة	قياس فرق الجهد بين نقطتين	قياس شدة تيارات كهربية مستمرة عالية الشدة مقارنة بالجلقانومتر	فكرة العمل
يعتمد قياس مقاومة ما (R_x) على العلاقة العكسية بين قيمة المقاومة الكلية للدائرة وشدة التيار عند ثبوت فرق الجهد تبعاً لقانون أوم للدائرة المغلقة ($I = \frac{V_B}{R_t}$)، فإذا ظل فرق الجهد ثابتاً ومعلومًا تقل قيمة شدة التيار المار فى الدائرة بزيادة قيمة المقاومة R_x	عزم الازدواج المؤثر على ملف يمر به تيار كهربى قابل للحركة فى مجال مغناطيسى	عزم الازدواج المؤثر على ملف يمر به تيار كهربى قابل للحركة فى مجال مغناطيسى	
يوصل ملفه على التوالى بمقاومة عيارية (مقاومة ثابتة (R_c) ومقاومة متغيرة (R_v)) وعمود كهربى مقاومته الداخلية (r)	يوصل ملفه على التوالى بمقاومة كبيرة (مضاعف الجهد (R_m))	يوصل ملفه على التوازي بمقاومة صغيرة (مجزئ التيار (R_s))	المقاومة التى تتصل بملف الجلقانومتر
يوصل طرفى الجهاز بطرفى المقاومة المراد قياس قيمتها (R_x)	يوصل على التوازي فى الدائرة بين النقطتين المراد قياس فرق الجهد بينهما	يوصل على التوالى فى الدائرة المراد قياس شدة التيار الكهربى المار فيها	طريقة التوصيل
$I = \frac{V_B}{R_g + R_c + R_v + R_x + r}$	$R_m = \frac{V - V_g}{I_g}$	$R_s = \frac{I_g R_g}{I - I_g}$	القانون المستخدم
غير منتظم لأن ($I \propto \frac{1}{R + R_x}$)	منتظم لأن ($\theta \propto V$)	منتظم لأن ($\theta \propto I$)	تدرج الجهاز

الوقود الأحفوري
الطاقة الكهربائية
والطاقة المتجددة

الفصل

3

الحث الكهرومغناطيسي

المبحث الأول

المبحث الثاني

المبحث الثالث

المبحث الرابع

- قانون فاراداي
- القوة الدافعة الكهربائية المستحثة
- المحاثة الكهربية
- الحث الكهرومغناطيسي المتبادل
- الحث المتبادل المتبادل
- المحولات الكهربائية
- المحولات ذات الجهد العالي
- المحولات ذات الجهد المنخفض



2022/07/19 20:33

قانون فاراداي.
القوة الدافعة الكهربائية المستحثة
المتولدة من سلك مستقيم.



في هذا الدرس سوف نتعرف :

◀ الحث الكهرومغناطيسي.

◀ قاعدة لنز.

◀ قانون فاراداي للحث الكهرومغناطيسي.

◀ القوة الدافعة الكهربائية المستحثة في سلك مستقيم.

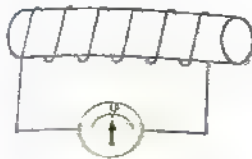
درسنا في الفصل السابق اكتشاف أوستند للتأثير المغناطيسي للتيار الكهربى وتولد مجال مغناطيسى حوله موصل يمر به تيار كهربى، فهل يمكن لمجال مغناطيسى أن يولد فرق جهد بين طرفى موصل موضوع فى هذا المجال ليسرى تياراً كهربى فى الموصل عند توصيله فى دائرة مغلقة؟ نعم، وهذا ما أثبتته العالم فاراداي من خلال دراسة التأثير الناتج عن تغير المجال المغناطيسى المقطوع بواسطة موصل مع الزمن وأطلق على هذه الظاهرة الحث الكهرومغناطيسى.

تجربة فاراداي لتوضيح الحث الكهرومغناطيسى

العرض من التجربة: الحصول على قوة دافعة كهربية مستحثة فى ملف.

الخطوات والملاحظات:

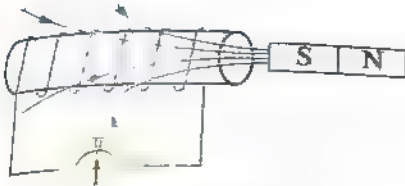
١ قم بإعداد ملف من سلك من النحاس لقاته معزولة عن بعضها البعض، ووصل طرفى الملف بجلقانومتر حساس صفر تدريجه فى المنتصف (شكل ١).



(شكل ١)

٢ ثبت مغناطيس بالقرب من الملف.

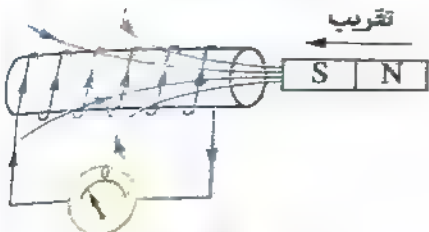
الملاحظة: لا ينحرف مؤشر الجلقانومتر (شكل ٢).



(شكل ٢)

٣ قرب المغناطيس بالقرب من الملف.

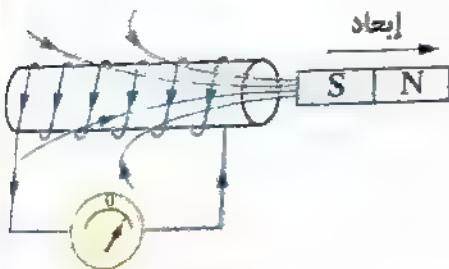
الملاحظة: ينحرف مؤشر الجلقانومتر لحظياً فى اتجاه معين (شكل ٣).



(شكل ٣)

٤ ابعد المغناطيس عن الملف.

الملاحظة: ينحرف المؤشر لحظياً فى الاتجاه المضاد (شكل ٤).



(شكل ٤)

٥ ثبت المغناطيس وحرك الملف نحو المغناطيس أو بعيداً عنه.

الملاحظة: نلاحظ نفس الملاحظات السابقة فى ٣ ، ٤.

٦ قم بزيادة سرعة أحدهما بالنسبة للآخر سواء فى حالة التقريب أو الإبعاد. الملاحظة: يزداد انحراف مؤشر الجلقانومتر.

- الأسئلة :
- الحركة النسبية بين مغناطيس وملف متصل بدائرة مغلقة تؤدي إلى تولد قوة دافعة كهربية مستحثة (تأثيرية) وكذلك تيار كهربي مستحث (تأثيري) في الملف نتيجة قطعه لفيض مغناطيسي متغير.
 - يتوقف اتجاه التيار المستحث (التأثيري) في الملف في تجربة فاراداي على :
 - (١) اتجاه الحركة النسبية بين الملف والمغناطيس.
 - (٢) اتجاه المجال المغناطيسي للمغناطيس بالنسبة للملف.

• مما سبق يمكن تعريف الحث الكهرومغناطيسي كالتالي :

الحث الكهرومغناطيسي

ظاهرة تولد قوة دافعة كهربية مستحثة وكذلك تيار كهربي مستحث في موصل في دائرة مغلقة نتيجة تغير الفيض المغناطيسي الذي يقطع الموصل.

• يمكن تحديد :

- 1 اتجاه التيار المستحث في ملف عند تغير الفيض المغناطيسي الذي يقطعه الملف باستخدام قاعدة لنز.
- 2 قيمة القوة الدافعة الكهربية المستحثة المتوسطة في ملف عند تغير الفيض المغناطيسي الذي يقطعه الملف باستخدام قانون فاراداي.

قاعدة لنز

لص القاعدة

اتجاه التيار الكهربي المستحث يعاكس التغير في الفيض المغناطيسي المسبب له.

التفسير

عند إبعاد القطب الجنوبي لمغناطيس عن ملف

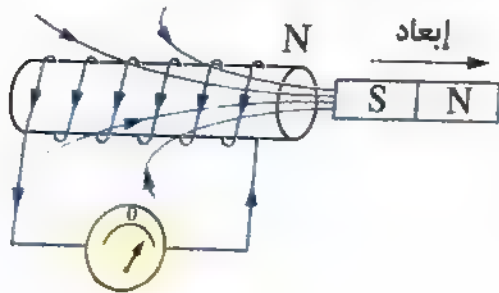
- يتولد في الملف emf مستحثة وعند غلق دائرته يمر به تيار مستحث.
- يتولد عن هذا التيار مجال مغناطيسي في الملف يقاوم النقص في الفيض المغناطيسي المؤثر.

عند تقريب القطب الجنوبي لمغناطيس من ملف

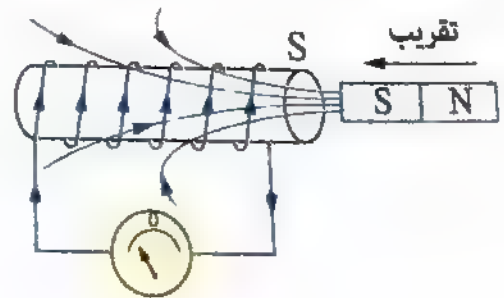
- يتولد في الملف emf مستحثة وعند غلق دائرته يمر به تيار مستحث.
- يتولد عن هذا التيار مجال مغناطيسي في الملف يقاوم الزيادة في الفيض المغناطيسي المؤثر.

فيكون عند طرف الملف القريب من المغناطيس

قطب مخالف للقطب المبتعد (قطب شمالي) وتعمل قوة التجاذب بين القطبين المختلفين على مقاومة حركة إبعاد هذا القطب

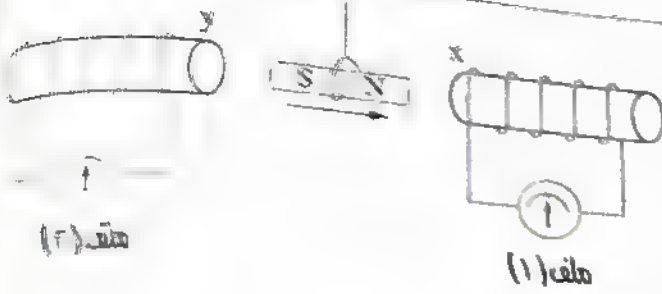


قطب مشابه للقطب المقرب (قطب جنوبي) وتعمل قوة التنافر بين القطبين المتشابهين على مقاومة حركة تقريب هذا القطب



ملاحظة
عند تقريب أو ابتعاد مغناطيس من ملف متصل بدائرة كهربية مغلقة يتولد تيار كهربي مستحث في الملف ويصبح لدينا مجالان مغناطيسيان ،
(١) مجال مغناطيسي خارجي متغير يولد قوة دافعة كهربية مستحثة وتيار كهربي مستحث في الملف
هما
(٢) مجال مغناطيسي ينشأ عن التيار المستحث المار في الملف.

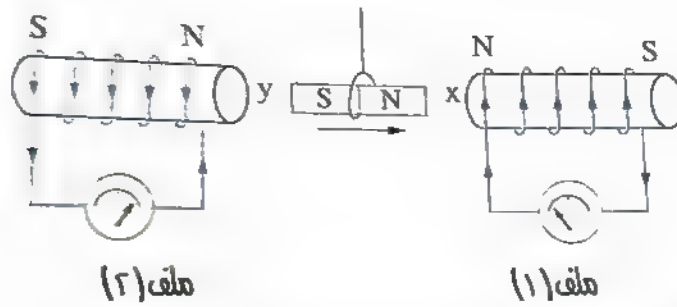
مثال



الشكل المقابل يوضح ملفين يتصل كل منهما بجلفانومتر ذو ملف متحرك صفر تدريجه في المنتصف وموضوع بينهما مغناطيس، إذا تحرك المغناطيس في الاتجاه الموضح بالرسم :
(١) حدد على الرسم اتجاه التيار المستحث المتولد في الملفين.

(ب) حدد نوع الأقطاب المغناطيسية المتكونة عند الطرفين x ، y

الصل
(١)



ملف (٢)

ملف (١)

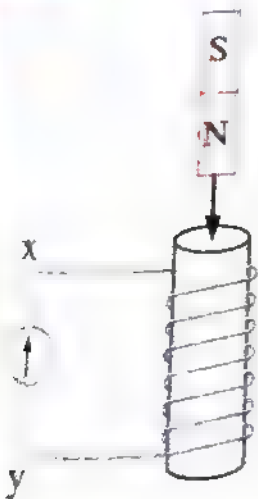
(ب) عند الطرف x يتكون قطب شمالي، عند الطرف y يتكون قطب شمالي.

24 اختر نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

سقط قضيب مغناطيسي رأسياً إلى أسفل خلال ملف لولبي كما بالشكل، فإن اتجاه التيار المار خلال الجلفانومتر أثناء اقتراب وابتعاد المغناطيس عن الملف هو

أثناء الاقتراب	أثناء الابتعاد	
$y \leftarrow x$	$x \leftarrow y$	(أ)
$y \leftarrow x$	$y \leftarrow x$	(ب)
$x \leftarrow y$	$y \leftarrow x$	(ج)
$x \leftarrow y$	$x \leftarrow y$	(د)



قانون فاراداي للحث الكهرومغناطيسي

• يتناسب مقدار القوة الدافعة الكهربائية (emf) المستحثة في موصل (مثلاً ملف) طردياً مع :
المعدل الزمني الذي يقطع به الملف خطوط الفيض المغناطيسي (المعدل الزمني للتغير في الفيض المغناطيسي)

$$emf \propto \frac{\Delta\phi_m}{\Delta t}$$

$$emf \propto N$$

عدد لفات الملف الذي يقطع خطوط الفيض المغناطيسي :

$$\therefore emf = \text{constant} \times N \frac{\Delta\phi_m}{\Delta t}$$

• عند استخدام وحدات النظام الدولي تصبح قيمة ثابت التناسب مساوية للواحد الصحيح، فيكون

$$emf = -N \frac{\Delta\phi_m}{\Delta t}$$

قانون فاراداي للحث الكهرومغناطيسي :

• لا تؤثر الإشارة السالبة في قانون فاراداي على قيمة القوة الدافعة الكهربائية المستحثة ولكن تدل على أن اتجاه القوة الدافعة المستحثة وكذلك اتجاه التيار المستحث يعاكس التغير في الفيض المغناطيسي المسبب له تبعاً لقاعدة لنز.

• مما سبق يمكن تعريف قانون فاراداي والوبر كالتالي :

قانون فاراداي

القوة الدافعة الكهربائية المستحثة في ملف بالحث الكهرومغناطيسي تتناسب طردياً مع المعدل الزمني الذي يقطع به الملف خطوط الفيض المغناطيسي وكذلك مع عدد لفات الملف.

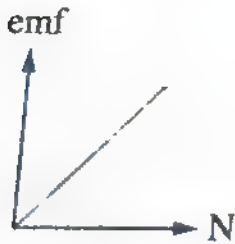
الوبر

الفيض المغناطيسي الذي يخترق عمودياً ملف يتكون من لفة واحدة وعندما يتلاشى تدريجياً بانتظام خلال ثانية واحدة يتولد في الملف قوة دافعة كهربية مستحثة مقدارها 1 فولت.

العوامل التي يتوقف عليها مقدار القوة الدافعة الكهربائية المستحثة

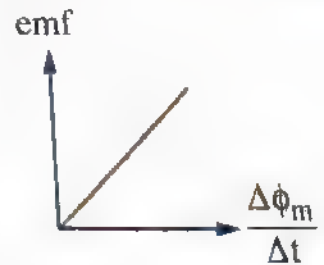
عدد لفات الملف :

يتناسب مقدار القوة الدافعة الكهربائية المستحثة في ملف طردياً مع عدد لفات الملف.



$$\text{slope} = \frac{\Delta(emf)}{\Delta N} = \frac{\Delta\phi_m}{\Delta t}$$

المعدل الزمني الذي يقطع به الملف الفيض المغناطيسي :
يتناسب مقدار القوة الدافعة الكهربائية المستحثة في ملف طردياً مع المعدل الزمني الذي يقطع به الملف خطوط الفيض.



$$\text{slope} = \frac{\Delta(emf)}{\Delta\left(\frac{\Delta\phi_m}{\Delta t}\right)} = N$$

مما سبق نستنتج أن :

يمكن توليد قوة دافعة كهربية مستحثة في ملف يقطع خطوط مجال مغناطيسي عن طريق :

(١) تغيير مقدار أو اتجاه المجال المغناطيسي المؤثر.

(٢) تغيير مساحة الملف المعرضة للمجال المغناطيسي.

(٣) تغيير زاوية ميل المجال المغناطيسي على مستوى الملف.

يمكن زيادة القوة الدافعة الكهربية المستحثة في ملف عن طريق :

(١) زيادة عدد لفات الملف.

(٢) زيادة النفاذية المغناطيسية للوسط (مثلاً استخدام قلب من الحديد).

(٣) زيادة سرعة الحركة النسبية بين الملف والمغناطيس.

(٤) زيادة قوة المغناطيس المستخدم.

مثال

ملف عدد لفاته 200 لفة يقطع فيض مغناطيسي قدره $7 \times 10^{-3} \text{ Wb}$ فإذا تغير هذا الفيض بانتظام ليصبح

$5 \times 10^{-3} \text{ Wb}$ في زمن قدره 0.1 s.

احسب القوة الدافعة الكهربية المستحثة في الملف.

الحل

$$N = 200 \quad (\phi_m)_1 = 7 \times 10^{-3} \text{ Wb} \quad (\phi_m)_2 = 5 \times 10^{-3} \text{ Wb}$$

$$\Delta t = 0.1 \text{ s} \quad \text{emf} = ?$$

$$\Delta \phi_m = (\phi_m)_2 - (\phi_m)_1 = (5 \times 10^{-3}) - (7 \times 10^{-3}) = -2 \times 10^{-3} \text{ Wb}$$

$$\text{emf} = -N \frac{\Delta \phi_m}{\Delta t}$$

$$= -200 \times \frac{-2 \times 10^{-3}}{0.1} = 4 \text{ V}$$

بفرض أن الفيض المغناطيسي الذي يقطع الملف في الوضع العمودي الابتدائي يساوي $(B \cdot A)$ ، فإذا كان :

١

مستوى الملف في الوضع الموازي لاتجاه المجال المغناطيسي

مستوى الملف في الوضع العمودي على اتجاه المجال المغناطيسي

ثم أدير الملف 90° ($\frac{1}{4}$ دورة أو بزاوية $(\frac{\pi}{2})$ فاصح



(أو نزع الملف من الفيض أو تلاشي الفيض)

فإن

$$(\phi_m)_1 = 0 \quad , \quad (\phi_m)_2 = BA$$

$$\Delta\phi_m = BA - 0 = BA$$

$$emf = -N \frac{\Delta\phi_m}{\Delta t}$$

$$= -N \frac{BA}{\Delta t}$$

$$(\phi_m)_1 = BA \quad , \quad (\phi_m)_2 = 0$$

$$\Delta\phi_m = 0 - BA = -BA$$

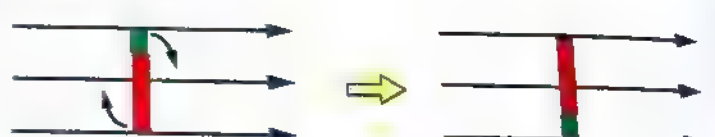
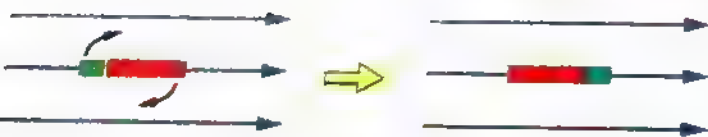
$$emf = -N \frac{\Delta\phi_m}{\Delta t} = -N \frac{(-BA)}{\Delta t}$$

$$= N \frac{BA}{\Delta t}$$

مستوى الملف في الوضع الموازي لاتجاه المجال المغناطيسي

مستوى الملف في الوضع العمودي على اتجاه المجال المغناطيسي

ثم أدير الملف 180° ($\frac{1}{2}$ دورة أو بزاوية π) أو قلب الملف في الفيض



أو عكس اتجاه الفيض، فإن

$$(\phi_m)_1 = (\phi_m)_2 = 0$$

$$\Delta\phi_m = 0$$

$$emf = 0$$

$$(\phi_m)_1 = BA \quad , \quad (\phi_m)_2 = -BA$$

$$\Delta\phi_m = -BA - BA = -2BA$$

$$emf = -N \frac{\Delta\phi_m}{\Delta t} = -N \frac{(-2BA)}{\Delta t}$$

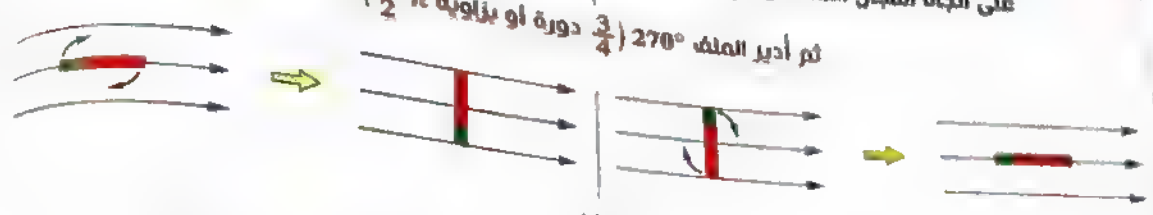
$$= N \frac{2BA}{\Delta t}$$

3 الفصل

مستوى الملف في الوضع الموازي
للاتجاه المجال المغناطيسي

مستوى الملف في الوضع العمودي
على اتجاه المجال المغناطيسي

ثم أدير الملف 270° ($\frac{3}{4}$ دورة أو بزاوية $\frac{3}{2}\pi$)



فإن

$$(\phi_m)_1 = 0, (\phi_m)_2 = -BA$$

$$\Delta\phi_m = -BA - 0 = -BA$$

$$(\phi_m)_1 = BA, (\phi_m)_2 = 0$$

$$\Delta\phi_m = 0 - BA = -BA$$

$$emf = -N \frac{\Delta\phi_m}{\Delta t} = -N \frac{(-BA)}{\Delta t} = N \frac{BA}{\Delta t}$$

مستوى الملف في الوضع الموازي
للاتجاه المجال المغناطيسي

مستوى الملف في الوضع العمودي
على اتجاه المجال المغناطيسي

ثم أدير الملف 360° (دورة كاملة أو بزاوية 2π)



فإن

$$(\phi_m)_1 = (\phi_m)_2 = 0$$

$$\Delta\phi_m = 0$$

$$(\phi_m)_1 = (\phi_m)_2 = BA$$

$$\Delta\phi_m = BA - BA = 0$$

$$emf = 0$$

5 مستوى الملف عمودياً على اتجاه المجال المغناطيسي وتغيرت :

- مساحة الملف التي تقطع خطوط المجال :

$$\Delta\phi_m = B\Delta A$$

- كثافة الفيض المغناطيسي التي تقطع الملف :

$$\Delta\phi_m = A\Delta B$$

ملف على شكل مربع طول ضلعه 10 cm يتكون من 500 لفة وضع عمودياً على مجال مغناطيسي منتظم كثافة الفيض 0.1 T. احسب emf المستحثة فيه إذا :

- (أ) قلب الملف خلال 0.05 s
(ب) دار الملف $\frac{1}{4}$ دورة خلال 0.025 s
(ج) انعدم الفيض خلال 0.15 s
(د) زادت كثافة الفيض إلى 0.3 T خلال 0.75 s

الحل :

$$l = 10 \text{ cm} \quad N = 500 \quad B = 0.1 \text{ T} \quad \text{emf} = ?$$

$$\text{emf} = -N \frac{\Delta \phi_m}{\Delta t} = -N \frac{(-2BA)}{\Delta t} = \frac{-500 \times (-2) \times 0.1 \times 10^2 \times 10^{-4}}{0.05} = 20 \text{ V} \quad (أ)$$

$$\text{emf} = -N \frac{(-BA)}{\Delta t} = \frac{-500 \times (-0.1) \times 10^{-2}}{0.025} = 20 \text{ V} \quad (ب)$$

$$\text{emf} = -N \frac{(-BA)}{\Delta t} = \frac{-500 \times (-0.1) \times 10^{-2}}{0.15} = 3.33 \text{ V} \quad (ج)$$

$$\text{emf} = -NA \frac{\Delta B}{\Delta t} = \frac{-500 \times 10^{-2} \times (0.3 - 0.1)}{0.75} = -1.33 \text{ V} \quad (د)$$

25 اختبار نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

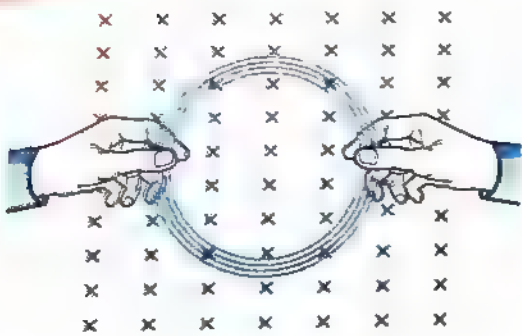
الشكل المقابل يبين ملف دائري يتكون من 20 لفة مساحة وجهه 0.385 m^2 ومستواه عمودي على مجال مغناطيسي كثافة فيضه 0.2 T، فإذا تغير شكل الملف نتيجة شدة في اتجاهين متضادين من الشكل (A) إلى الشكل (B) لتقل مساحة وجهه إلى 0.077 m^2 خلال 1.4 s بحيث يظل مستوى الملف عمودي على الفيض، تتولد في الملف قوة دافعة كهربية مستحثة مقدارها

0.44 V (ب)

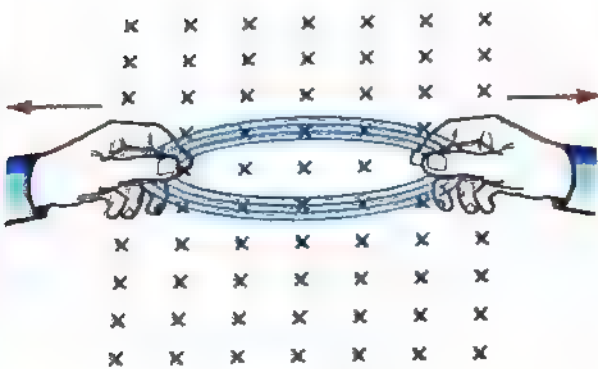
0.22 V (أ)

1.1 V (د)

0.88 V (ج)



(A)



(B)

Eddy Currents التيارات الدوامية

المفهوم

التيارات الدوامية هي تيارات كهربية مستحثة تسرى في مسارات مغلقة في قطعة معدنية نتيجة تعرضها لمجال مغناطيسي متغير أو تحريكه بالنسبة لمجال مغناطيسي منتظم ويكون اتجاه التيارات الدوامية في القطعة المعدنية بحيث ينتج عنه مجال مغناطيسي يعاكس التغير المسبب للتيار، ويكون المستوى الذي تسرى فيه التيارات الدوامية عمودى على اتجاه الفيض المغناطيسى الذى سببها.

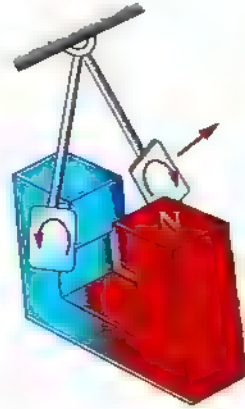
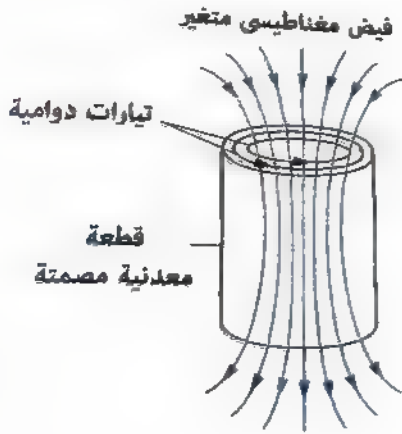
شرح الفكرة العلمية

إذا تم تغيير عدد خطوط الفيض المغناطيسى التى تخترق قطعة معدنية، تتولد فيها تيارات مستحثة تسمى التيارات الدوامية، تسبب ارتفاع درجة حرارة القطعة المعدنية.

شروط حدوثها

تعرض قطعة معدنية لمجال مغناطيسى متغير كما فى المحول الكهربى وأفران الحث.

أو تحريك قطعة معدنية بالنسبة لمجال مغناطيسى منتظم كما فى المحرك الكهربى.



الاستخدام

فى أفران الحث لصهر الفلزات (المعادن).

الآضرار

فقد جزء من الطاقة الكهربية على صورة طاقة حرارية.

التقليل من أثارها الضارة فى الأجهزة الكهربية

يلف الملف على قلب من الحديد المطاوع السيليكونى المصنوع على شكل شرائح رقيقة متوازية (كما فى المحول الكهربى) أو أقراص رقيقة (كما فى حالة المحرك الكهربى) ومعزولة عن بعضها، لزيادة مقاومة القلب الحديدى مما يقلل من التيارات الدوامية، فتقل الطاقة الكهربية المستهلكة على صورة طاقة حرارية.

القوة الدافعة الكهربائية المستحثة في سلك مستقيم



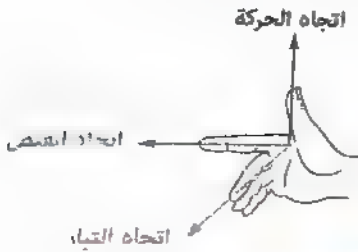
عند تمرير سلك مستقيم في مجال مغناطيسي بحيث يكون اتجاه السرعة (الحركة) عمودياً على اتجاه المجال بحيث يقطع السلك خطوط الفيض المغناطيسي، فإن ذلك يؤثر على الإلكترونات الحرة في السلك المتحرك فتندفع من أحد طرفيه إلى الطرف الآخر وينشأ فرق في الجهد بين طرفي السلك وبذلك تتولد emf مستحثة بين طرفيه، وإذا كان السلك في دائرة كهربائية مغلقة يمر تيار كهربائي مستحث بالدائرة.

يمكن تحديد اتجاه التيار الكهربائي المستحث في السلك باستخدام قاعدة اليد اليمنى لفلمنج.

قاعدة اليد اليمنى لفلمنج

الاستخدام

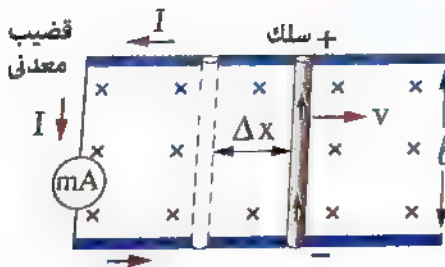
تحديد اتجاه التيار الكهربائي المستحث في سلك مستقيم يتحرك عمودياً على فيض مغناطيسي.



نص القاعدة (طريقة الاستخدام)

اجعل أصابع اليد اليمنى متعامدة بحيث يشير الإبهام لاتجاه حركة السلك، والسبابة يشير لاتجاه الفيض المغناطيسي وعندئذ تشير باقي الأصابع لاتجاه التيار الكهربائي المستحث.

استنتاج الصيغة الرياضية لحساب emf المستحثة في سلك مستقيم



* سلك مستقيم طوله l يتحرك بسرعة v في اتجاه عمودي على فيض مغناطيسي منتظم كثافته B «اتجاهه عمودي على الصفحة للداخل» كما بالشكل، فإذا كانت الإزاحة الحادثة Δx خلال زمن Δt :

$$\therefore emf = -\frac{\Delta \phi_m}{\Delta t} = -\frac{B \Delta A}{\Delta t} = -\frac{B l \Delta x}{\Delta t}$$

$$\therefore \frac{\Delta x}{\Delta t} = v$$

$$\therefore emf = -B l v$$

(الإشارة السالبة وفقاً لقاعدة لنز).

وإذا كان اتجاه حركة السلك (سرعته) يصنع زاوية θ مع اتجاه المجال المغناطيسي، فإن :

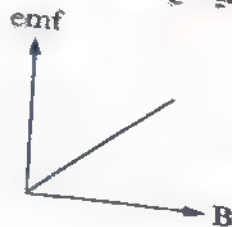
$$emf = -B l v \sin \theta$$

$$emf = -B l v \sin 0 = 0$$

وبالتالي إذا كان السلك يتحرك موازياً للمجال المغناطيسي، فإن :
أو لا تتولد emf مستحثة.

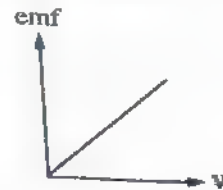
العوامل التي تؤثر على مقدار emf المستحثة في سلك مستقيم يقطع حيزاً مغناطيسياً

كثافة الفيض المغناطيسي :
يتناسب مقدار القوة الدافعة الكهربائية المستحثة في سلك تناسباً طردياً مع كثافة الفيض المغناطيسي.



$$\text{slope} = \frac{\Delta(emf)}{\Delta B} = l v \sin \theta$$

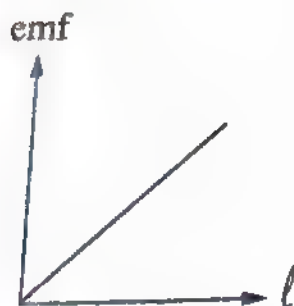
السرعة التي يتحرك بها السلك :
يتناسب مقدار القوة الدافعة الكهربائية المستحثة في سلك تناسباً طردياً مع السرعة التي يتحرك بها السلك.



$$\text{slope} = \frac{\Delta(emf)}{\Delta v} = B l \sin \theta$$

$$emf = B l v \sin \theta$$

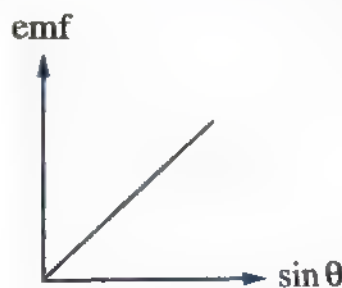
طول السلك :
يتناسب مقدار القوة الدافعة الكهربائية المستحثة في سلك تناسباً طردياً مع طول السلك.



$$\text{slope} = \frac{\Delta(emf)}{\Delta l} = B v \sin \theta$$

الزاوية بين اتجاه سرعة السلك واتجاه الفيض المغناطيسي :

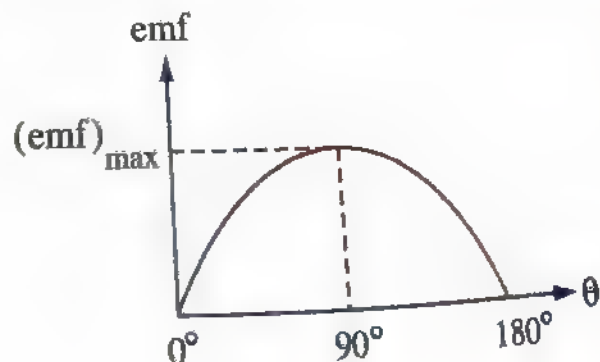
يتناسب مقدار القوة الدافعة الكهربائية المستحثة في سلك تناسباً طردياً مع جيب الزاوية بين اتجاه سرعة السلك واتجاه الفيض المغناطيسي.

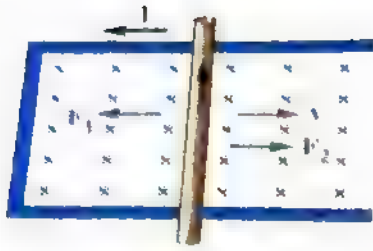


$$\text{slope} = \frac{\Delta(emf)}{\Delta \sin \theta} = B l v$$

أو

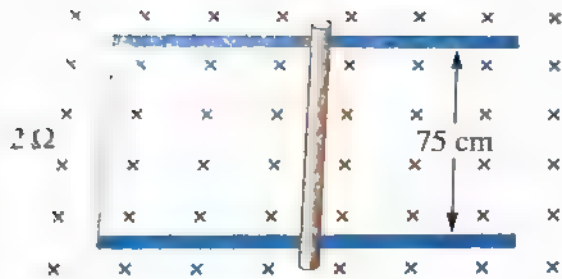
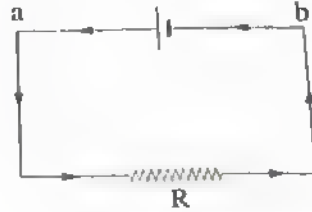
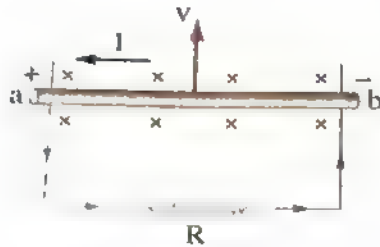
تمثل العلاقة بين مقدار القوة الدافعة الكهربائية المستحثة والزاوية بين اتجاه سرعة السلك واتجاه الفيض المغناطيسي بمنحنى جيبى.





• عند تحريك سلك بسرعة منتظمة (v) عمودياً على مجال مغناطيسي منتظم يتولد بين طرفي السلك emf مستحثة ينشأ عنها تيار كهربى مستحث فى السلك فتنشأ قوة مغناطيسية (F_1) عمودية على كل من التيار المستحث والمجال الخارجى، وللحفاظ على حركة السلك بسرعة منتظمة ينبغى أن يتساوى مقدار القوة المؤثرة (المحركة) على السلك (F_2) مع مقدار القوة المغناطيسية التى تنشأ عن التيار (F_1).

• عندما يتحرك موصل فى دائرة مغلقة بحيث يقطع خطوط مجال مغناطيسى يتولد بين طرفى الموصل قوة دافعة كهربية مستحثة أى يعمل الموصل كمصدر للتيار المار فى الدائرة فيكون جهد النقطة a أكبر من جهد النقطة b



الشكل المقابل يمثل دائرة كهربية تتكون من سلكين سميكين متوازيين المسافة بينهما 75 cm ومقاومة مقدارها 2Ω وضع قضيب معدنى عمودياً على السلكين المتوازيين بحيث يغلق هذه الدائرة، فإذا كانت المساحة المحصورة بين السلكين عمودية على فيض مغناطيسى كثافته 0.18 T ،

احسب قيمة القوة اللازمة لتحريك القضيب المعدنى بسرعة ثابتة مقدارها 1 m/s

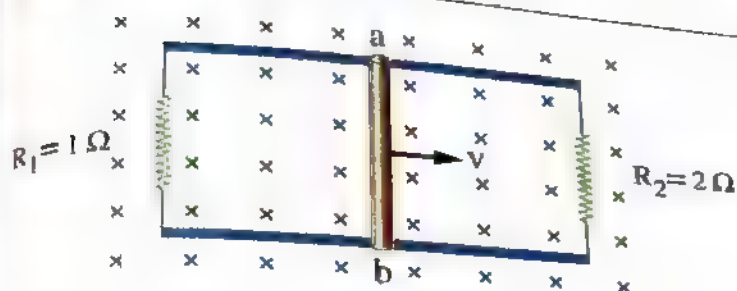
الحل

$$l = 75 \times 10^{-2} \text{ m} \quad R = 2 \Omega \quad B = 0.18 \text{ T} \quad v = 1 \text{ m/s} \quad F = ?$$

$$emf = -Blv = -0.18 \times 75 \times 10^{-2} \times 1 = -0.135 \text{ V}$$

$$I = \frac{emf}{R} = \frac{0.135}{2} = 0.0675 \text{ A}$$

$$F = BIl = 0.18 \times 0.0675 \times 75 \times 10^{-2} = 9.11 \times 10^{-3} \text{ N}$$



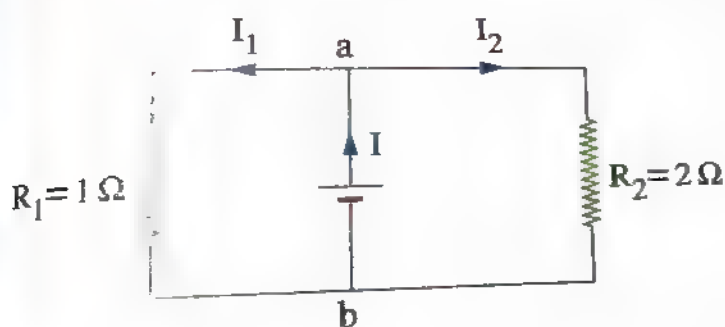
مثال 3

في الشكل المقابل قضيب معدني ab طوله 25 cm ومقاومته مهملة ويتحرك عمودياً على مجال مغناطيسي كثافة الفيض 1 T بسرعة 2 m/s ، احسب شدة التيار المار في كل من المقاومتين R_1 ، R_2 والقضيب ab

الحل

$$l = 25 \times 10^{-2} \text{ m} \quad v = 2 \text{ m/s} \quad B = 1 \text{ T} \quad R_1 = 1 \Omega \quad R_2 = 2 \Omega$$

$$I_1 = ? \quad I_2 = ? \quad I = ?$$



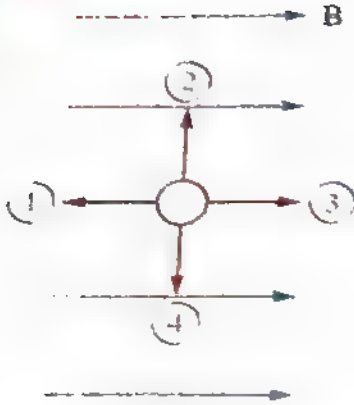
يعمل السلك ab كمصدر لفرق الجهد ويمكن تمثيل الدائرة الكهربائية كما بالشكل المقابل :

$$\text{emf} = -Blv = -1 \times 25 \times 10^{-2} \times 2 = -0.5 \text{ V}$$

$$I_1 = \frac{\text{emf}}{R_1} = \frac{0.5}{1} = 0.5 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{\text{emf}}{R_2} = \frac{0.5}{2} = 0.25 \text{ A}$$

$$I = I_1 + I_2 = 0.5 + 0.25 = 0.75 \text{ A}$$



26 اختبار نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

1 سلك مستقيم عمودي على الصفحة يتأثر بمجال

مغناطيسي في مستوى الصفحة كما بالشكل المقابل، في

أي اتجاه يتحرك السلك ليصبح طرفه العلوي موجياً ؟

أ في الاتجاه 1

ب في الاتجاه 2

ج في الاتجاه 3

د في الاتجاه 4

2 سلك مستقيم طوله 1 m يتحرك عدة مرات عمودياً على

مجال مغناطيسي منتظم كثافته B بسرعة منتظمة (v)

مختلفة في كل مرة والشكل البياني المقابل يمثل العلاقة

بين القوة الدافعة الكهربائية المستحثة في السلك وسرعته

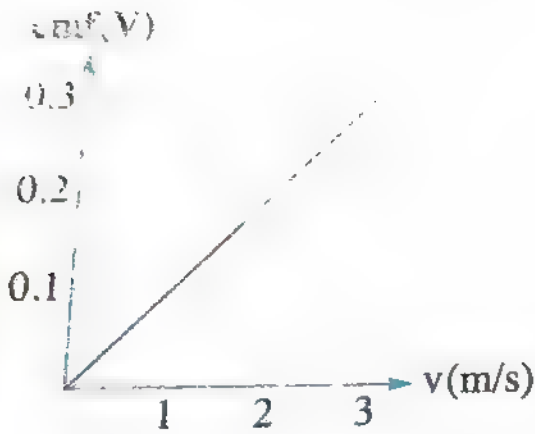
المنتظمة v ، فإن مقدار B يساوي

أ 0.1 T

ب 0.2 T

ج 1 T

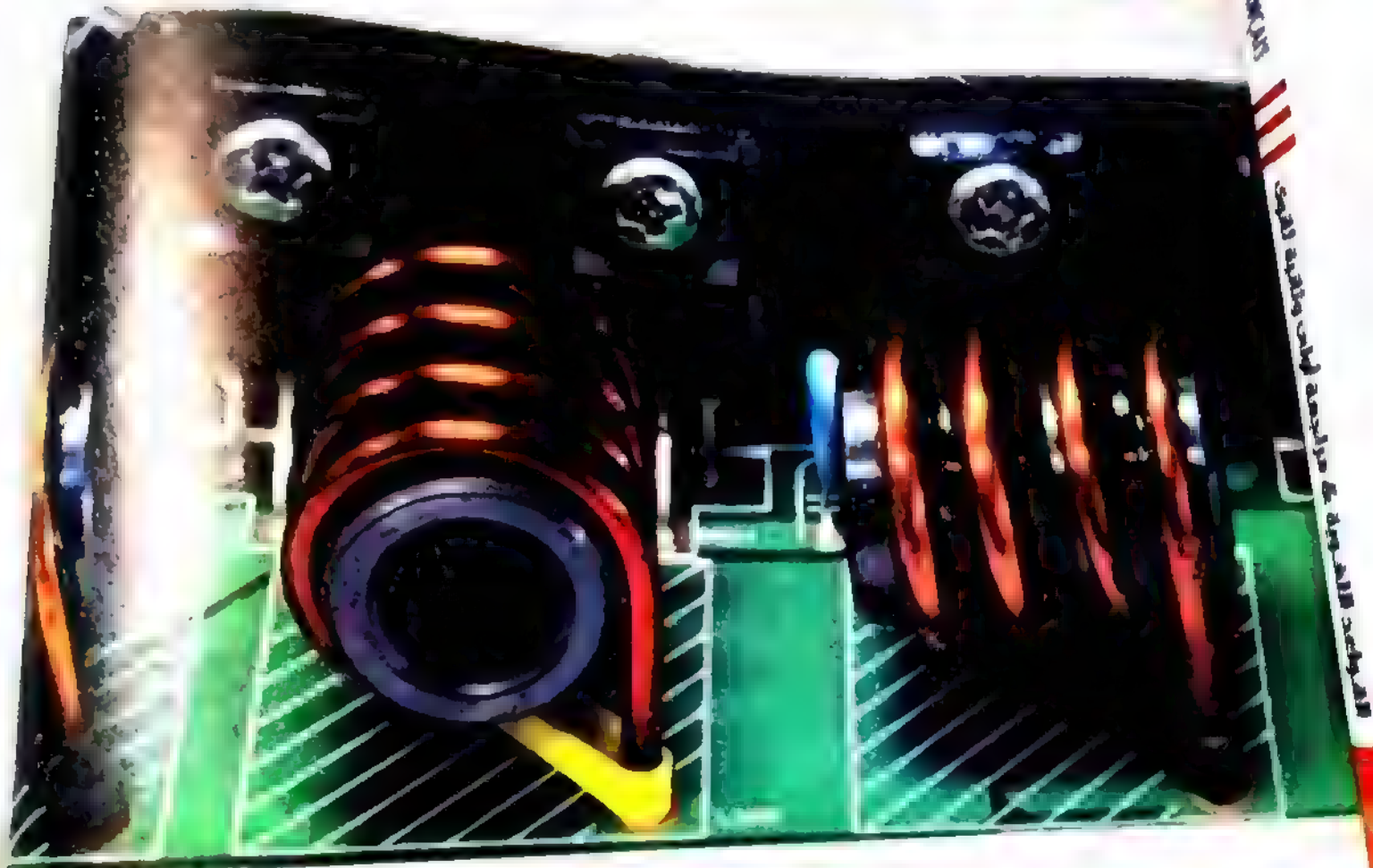
د 2 T



الحث المتبادل بين ملفين الحث الذاتي لملف

3

الدرس الثاني



في هذا الدرس سوف نتعرف :

• الحث المتبادل بين ملفين.

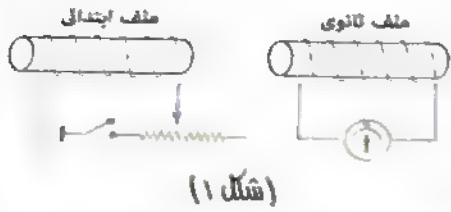
• الحث الذاتي لملف.

الحث المتبادل بين ملفين Mutual Induction

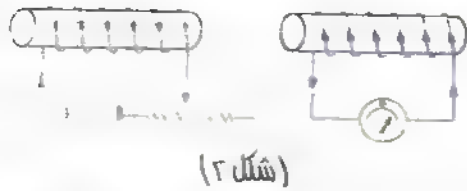
إذا وضع ملفين أحدهما داخل الآخر أو أحدهما بالقرب من الآخر فإن تغير شدة التيار الكهربى فى أحد الملفين يولد قوة دافعه كهربية مسيحة فى الملف الآخر ومطلق على هذه الظاهرة الحث المتبادل بين ملفين، ويمكن التحقق منها عملياً من خلال إجراء التجربة التالية :

تجربة لدراسة الحث المتبادل بين ملفين

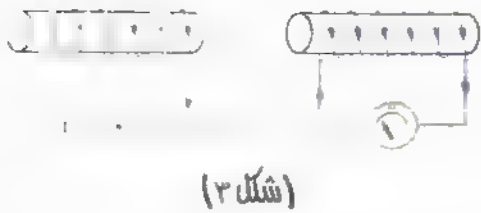
الخطوات والملاحظات :



١ وصل ملف ببطارية ومفتاح وريوستات (الملف الابتدائي) ووصل ملف آخر بجلقانومتر حساس صفر تدريجه فى المنتصف (الملف الثانوي) (شكل ١).



٢ اغلق دائرة الملف الابتدائي أثناء وجود الملف الابتدائي داخل أو بالقرب من الملف الثانوي. **الملاحظة :** ينحرف مؤشر الجلقانومتر لحظياً فى اتجاه معين (شكل ٢).



٣ افتح دائرة الملف الابتدائي أثناء وجود الملف الابتدائي داخل أو بالقرب من الملف الثانوي. **الملاحظة :** ينحرف مؤشر الجلقانومتر لحظياً فى الاتجاه المضاد للاتجاه الأول (شكل ٣).

٤ اغلق دائرة الملف الابتدائي ثم قم بزيادة شدة التيار الكهربى المار فيه عن طريق إنقاص مقاومة الريوستات.

الملاحظة : ينحرف مؤشر الجلقانومتر فى اتجاه معين.

٥ اغلق دائرة الملف الابتدائي ثم قم بإنقاص شدة التيار المار فى الملف الابتدائي عن طريق زيادة مقاومة الريوستات.

الملاحظة : ينحرف مؤشر الجلقانومتر فى الاتجاه المضاد.

٦ اغلق دائرة الملف الابتدائي ثم ابعد الملف الابتدائي عن الملف الثانوي.

الملاحظة : ينحرف مؤشر الجلقانومتر فى اتجاه معين.

٧ اغلق دائرة الملف الابتدائي ثم قرب الملف الابتدائي من الملف الثانوي.

الملاحظة : ينحرف مؤشر الجلقانومتر فى الاتجاه المضاد.

4 الأسلاك : يمكن توليد قوة دافعة كهربية مسنحة وكذلك تيار مستحث في ملف ثانوي بتأثير ملف آخر ابتدائي، حيث تتولد

قوة دافعة كهربية مستحثة طردية وتيار مستحث طردى

- عند تناقص شدة المجال المغناطيسى الناشئ عن الملف الابتدائي فإن المجال المغناطيسى المستحث في الملف الثانوي والناشئ عن التيار الكهربى المستحث المتولد في الملف الثانوي يكون في نفس الاتجاه ليقاوم النقص في شدة المجال المغناطيسى المؤثر.

قوة دافعة كهربية مستحثة عكسية وتيار مستحث عكسى

- عند زيادة شدة المجال المغناطيسى الناشئ عن الملف الابتدائي فإن المجال المغناطيسى المستحث في الملف الثانوي والناشئ عن التيار الكهربى المستحث المتولد في الملف الثانوي يكون في اتجاه مضاد ليقاوم الزيادة في شدة المجال المغناطيسى المؤثر.

حالات تولد emf مستحثة

طردية

- لحظة فتح دائرة الملف الابتدائي أثناء وجوده داخل (أو قرب) الملف الثانوي.
- أثناء إنقاص شدة التيار في الملف الابتدائي عند وجوده داخل (أو قرب) الملف الثانوي.
- أثناء إبعاد أو إخراج الملف الابتدائي من الملف الثانوي.

عكسية

- لحظة غلق دائرة الملف الابتدائي أثناء وجوده داخل (أو قرب) الملف الثانوي.
- أثناء زيادة شدة التيار في الملف الابتدائي عند وجوده داخل (أو قرب) الملف الثانوي.
- أثناء تقرب أو إدخال الملف الابتدائي في الملف الثانوي.

* مما سبق يمكن تعريف الحث المتبادل بين ملفين كالتالى :

الحث المتبادل بين ملفين

التأثير الكهرومغناطيسى الحادث بين ملفين متجاورين أو متداخلين يمر بأحدهما تيار متغير فيتأثر به الملف الثانى ويتولد فيه تيار مستحث يقاوم التغير الحادث في الملف الأول.

حساب معامل الحث المتبادل بين ملفين

* عند تغير شدة التيار في الملف الابتدائي بمعدل زمنى $\frac{\Delta I_1}{\Delta t}$ يتولد في الملف الثانوي $(emf)_2$ مستحثة تتناسب طردياً مع معدل التغير في الفيض المغناطيسى المار به :

$$(emf)_2 \propto \frac{(\Delta \phi_m)_2}{\Delta t}$$

$$\therefore \frac{(\Delta \phi_m)_2}{\Delta t} \propto \frac{\Delta I_1}{\Delta t}$$

$$\therefore (emf)_2 \propto \frac{\Delta I_1}{\Delta t}$$

$$\therefore (emf)_2 = \text{constant} \times \frac{\Delta I_1}{\Delta t}$$

$$\therefore (emf)_2 = -M \frac{\Delta I_1}{\Delta t}$$

حيث (M) معامل الحث المتبادل بين ملفين.

تدل الإشارة السالبة على أن القوة الدافعة المستحثة تعاكس التغير المسبب لها «قاعدة ليز»

$$\therefore M = \frac{(emf)_2}{\Delta I_1 / \Delta t}$$

وحدة قياس معامل الحث المتبادل هي الهنرى (H) وتكافئ فولت. ثانية/أمبير (V.s/A)

• مما سبق يمكن تعريف كل من معامل الحث المتبادل بين ملفين والهنرى كالتالى :

الهنرى

معامل الحث المتبادل بين ملفين إذا تغيرت شدة تيار أحدهما بمعدل 1 أمبير كل ثانية فيولد بالحث من طرفي الملف الآخر emf مستحثة مقدارها 1 فولت.

معامل الحث المتبادل بين ملفين (H)

مقدار القوة الدافعة الكهربية المستحثة المتولدة في أحد الملفين عند تغير شدة تيار الملف الآخر بمعدل 1 أمبير كل ثانية.

• العوامل التى يتوقف عليها معامل الحث المتبادل بين ملفين :

1 حجم الملفين (طول الملف مساحة الملف)

1

2 معامل النفاذية المغناطيسية للوسط المتواجد به الملفين

2

هى

3 المسافة الفاصلة بين الملفين

3

عدد لفات الملفين

2

مثال

ملفان متجاوران x ، y معامل الحث المتبادل بينهما 0.2 H وشدة التيار المار في الملف x تساوى 4 A . فإذا انعدمت شدة التيار في هذا الملف في زمن قدره 0.01 s ، احسب متوسط القوة الدافعة الكهربية المستحثة المتولدة في الملف y

الحل

$$M = 0.2 \text{ H} \quad (I_x)_1 = 4 \text{ A} \quad (I_x)_2 = 0 \quad \Delta t = 0.01 \text{ s} \quad (emf)_y = ?$$

$$(emf)_y = -M \frac{\Delta I_x}{\Delta t} = -0.2 \times \frac{0 - 4}{0.01} = 80 \text{ V}$$

3

عند تغيير شدة تيار الملف الابتدائي بمقدار (ΔI_1) خلال فترة زمنية (Δt) يتغير الفيض المغناطيسي $(\Delta \Phi_m)$ في الملف الثانوي بمقدار $(\Delta \Phi_m)_2$ خلال نفس تلك الفترة الزمنية (Δt) ويمكن تعيين معامل الحث المتبادل M بين هذين الملفين في حالة عدم تحديد زمن التغير كالتالي:

$$(emf)_2 = -N_2 \frac{\Delta(\Phi_m)_2}{\Delta t} = -M \frac{\Delta I_1}{\Delta t}$$

$$M \Delta I_1 = N_2 (\Delta \Phi_m)_2$$

مثال

ملفان متجاوران X ، Y عدد لفات الملف Y هو 1500 لفة، فإذا تم غلق دائرة الملف X ليمر تيار شدته 5 A فيها فنتج عنه فيض $3 \times 10^{-3} \text{ Wb}$ في الملف Y ، احسب معامل الحث المتبادل بين الملفين.

الحل

$$N_Y = 1500 \quad \Delta I_X = 5 \text{ A} \quad (\Delta \Phi_m)_Y = 3 \times 10^{-3} \text{ Wb} \quad M = ?$$

$$M \Delta I_X = N_Y (\Delta \Phi_m)_Y$$

$$M \times 5 = 1500 \times 3 \times 10^{-3}$$

$$M = 0.9 \text{ H}$$

معلومة إثرائية

• لإيجاد معامل الحث المتبادل بين ملفين :
بتطبيق قانون فاراداي على الملف الثانوي :

من معادلة الحث المتبادل بين ملفين :

بمساواة المعادلتين :

نجد أن :

3

حيث $\Delta(\Phi_m)_2$ التغير في الفيض المغناطيسي الذي يقطع الملف الثانوي

$$(emf)_2 = -N_2 \frac{\Delta(\Phi_m)_2}{\Delta t} \quad (1)$$

$$(emf)_2 = -M \frac{\Delta I_1}{\Delta t} \quad (2)$$

$$-M \frac{\Delta I_1}{\Delta t} = -N_2 \frac{\Delta(\Phi_m)_2}{\Delta t}$$

$$M \Delta I_1 = N_2 \Delta(\Phi_m)_2$$

في حالة لف الملف الثانوي حول الجزء الأوسط من الملف الابتدائي، فإن الفيض المغناطيسي الناتج من الملف الابتدائي يقطع دون فقد لفات الملف الثانوي.

$$\therefore \Delta(\phi_m)_2 = A_2 \Delta B_1$$

$$= \mu \frac{N_1 \Delta I_1}{l_1} \times A_2$$

بالتعويض في المعادلة (3) :

$$M \Delta I_1 = N_2 \times \frac{\mu N_1 \Delta I_1}{l_1} \times A_2$$

$$\therefore M = \mu \frac{N_1 N_2 A_2}{l_1}$$

عدد اللفات في الملفين N_1, N_2

أبعاد (حجم) الملفين A_2, l_1

معامل الحث المتبادل بين الملفين M

معامل النفاذية لقلب الملفين μ

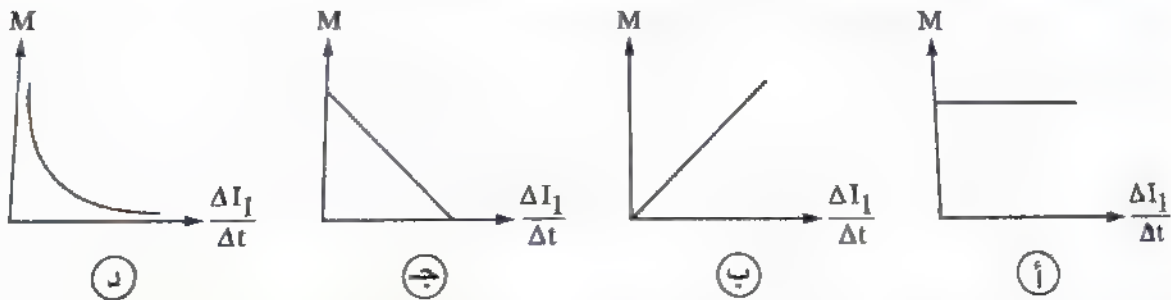
لاحظ أن :

زيادة المسافة الفاصلة بين الملفين تؤدي إلى تقليل الفيض المقطوع بواسطة الملف الثانوي والباشئ عن مرور تيار في الملف الابتدائي، وبالتالي تقليل معامل الحث المتبادل بين الملفين.

27) اختبر نفسك

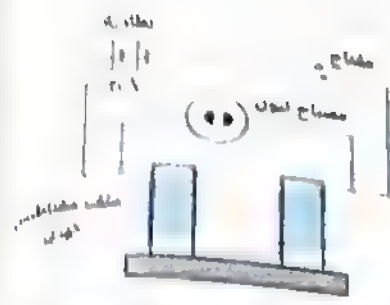
اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

أي من الأشكال البيانية التالية يمثل العلاقة بين معامل الحث المتبادل (M) بين ملفين لولبيين متجاورين والمعدل الزمني للتغير في شدة التيار المار في الملف الابتدائي $(\frac{\Delta I_1}{\Delta t})$ ؟



الحث الذاتي لملف Self Induction

* إذا وصل ملف في دائرة كهربائية فإن تغير شدة التيار الكهربائي في هذا الملف يسبب تولد قوة دافعة مستحثة فيه تقاوم هذا التغير ويطلق على هذه الظاهرة الحث الذاتي لملف، ويمكن التحقق منها من خلال إجراء التجربة التالية :



تجربة : دراسة الحث الذاتي لملف

4 الأدوات : والمعدات :

1 وصل طرفي ملف مغناطيسي كهربى قوى (عدد لفاته كبير) مع بطارية (6 V) ومفتاح متصلين على التوازي مع مصباح نيون (يعمل بجهد يصل إلى 180 V).

2 الق الدائرة ليمر تيار كهربى فى الملف.

الملاحظة : عدم توهج مصباح النيون.
التفسير : لأن نمو التيار يؤدي لتولد قوة دافعة مستحثة عكسية بين طرفي الملف فبكون فرق الجهد بين طرفي المصباح أقل من فرق الجهد اللازم لتشغيله.

3 افتح الدائرة.

الملاحظة : مرور شرر كهربى بين طرفي المفتاح وتوهج مصباح النيون لفترة صغيرة جداً.
التفسير : لأن اضمحلال التيار يؤدي إلى تولد emf مستحثة طردية كبيرة نسبياً بين طرفي الملف بالحث الذاتي نظراً لكبير عدد لفات الملف ($emf \propto N$) وكبير المعدل الزمنى للتغير فى شدة التيار ($emf \propto \frac{\Delta I}{\Delta t}$) فينشأ تيار مستحث طردى فى نفس اتجاه التيار الاصلى يمر على شكل شرر كهربى بين طرفي المفتاح.

* مما سبق يمكن تعريف الحث الذاتي لملف كالتالى :

الحث الذاتي لملف

التأثير الكهرومغناطيسى الحادث فى نفس الملف عند تغير شدة التيار المار فيه بحيث يقاوم هذا التغير.

حساب معامل الحث الذاتي لملف

* عند تغير شدة التيار المار فى ملف بمعدل $\frac{\Delta I}{\Delta t}$ يتولد فى الملف بالحث الذاتى emf مستحثة تتناسب طردياً مع المعدل الزمنى لتغير الفيض المغناطيسى :

$$emf \propto \frac{\Delta \phi_m}{\Delta t}$$

∴ المعدل الزمنى للتغير فى الفيض يتناسب طردياً مع المعدل الزمنى للتغير فى التيار :

$$\frac{\Delta \phi_m}{\Delta t} \propto \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$\therefore emf \propto \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$\therefore emf = \text{constant} \times \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$\therefore emf = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

حيث : (L) معامل الحث الذاتى للملف.

(تدل الإشارة السالبة على أن القوة الدافعة المستحثة تعاكس التغير المسبب لها «قاعدة لنز»).

$$L = \frac{emf}{\Delta I / \Delta t}$$

وحدة قياس معامل الحث الذاتى هي الهنرى

كما سبق يمكن تعريف كل من معامل الحث الذاتي للملف والهنري، كالتالي :

معامل الحث الذاتي للملف (L):

مقدار القوة الدافعة الكهربائية المستحثة المتولدة بين طرفي الملف عندما تتغير شدة التيار فيه بمعدل 1 أمبير كل ثانية.

الهنري

معامل الحث الذاتي للملف إذا تغيرت شدة التيار فيه بمعدل 1 أمبير كل ثانية فيتولد بين طرفيه بالحث emf مستحثة مقدارها 1 فولت.

يمكن استنتاج معامل الحث الذاتي للملف لولبي كالتالي :

$$emf = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$emf = -N \frac{\Delta \phi_m}{\Delta t}$$

$$\therefore L \Delta I = N \Delta \phi_m$$

$$\therefore \Delta \phi_m = \Delta BA = \mu \frac{N \Delta I}{l}$$

$$\therefore L \Delta I = \mu \frac{N^2 \Delta I}{l}$$

$$L = \frac{\mu AN^2}{l}$$

حيث : (μ) معامل النفاذية المغناطيسية للوسط، (A) مساحة وجه الملف، (N) عدد لفات الملف، (l) طول الملف.

العوامل التي يتوقف عليها معامل الحث الذاتي للملف

1 عدد لفات الملف :

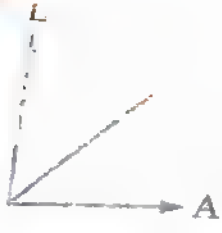
يتناسب معامل الحث الذاتي للملف تناسباً طردياً مع مربع عدد لفات الملف.



$$\text{slope} = \frac{\Delta L}{\Delta N^2} = \frac{\mu A}{l}$$

2 مساحة وجه الملف :

يتناسب معامل الحث الذاتي للملف تناسباً طردياً مع مساحة وجه الملف.



$$\text{slope} = \frac{\Delta L}{\Delta A} = \frac{\mu N^2}{l}$$

$$L = \mu \frac{AN^2}{l}$$

3 طول الملف :

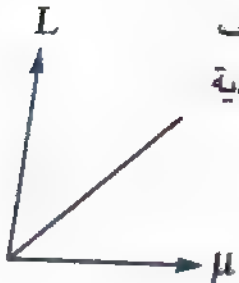
يتناسب معامل الحث الذاتي للملف تناسباً عكسياً مع طول الملف.



$$\text{slope} = \frac{\Delta L}{\Delta (1/l)} = \mu AN^2$$

4 معامل النفاذية المغناطيسية للوسط :

يتناسب معامل الحث الذاتي للملف تناسباً طردياً مع معامل النفاذية المغناطيسية للوسط. (ثابت للوسط الواحد)

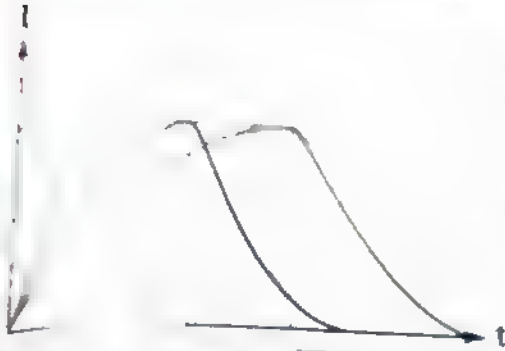


$$\text{slope} = \frac{\Delta L}{\Delta \mu} = \frac{AN^2}{l}$$

ملاحظات

- * هي تجربة الحث الذاتي تكون القوة الدافعة الكهربائية المستحثة الطردية في الملف أكبر دائماً من القوة الدافعة الكهربائية المستحثة العكسية المتولدة فيه.
- لأن معدل انهيار التيار الأصلي أكثر من معدل نمو التيار في هذه الحالة.
- * لا تصل شدة التيار إلى القيمة المطلوبة في الملف لحظة فتح الدائرة كما لا يلغى التيار لحظة فتح الدائرة.
- لتولد emf مستحثة عكسية لحظة الفتح تؤخر وصول التيار للقيمة العظمى وتولد emf مستحثة طردية لحظة فتح الدائرة تؤخر وصول التيار للصفر.

- * أثر الحث الذاتي في نمو واضمحلال التيار في ملف حديدى لحظة غلق الدائرة.



نمو واضمحلال التيار في:

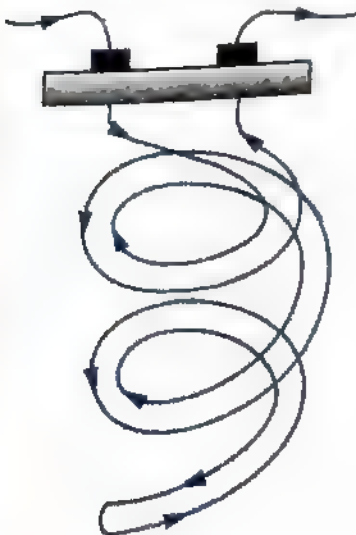
- سلك مستقيم.
- ملف لولبي أجوف.
- ملف لولبي به قلب حديد.

لأن السلك المستقيم لا يتولد بين طرفيه emf مستحثة لحظة نمو التيار حيث إن المجال المغناطيسى الناشئ عن مرور تيار كهربى فى السلك لا يقطع السلك نفسه، أما فى حالة الملف الأجوف فإن نمو الفيض القاطع له يولد emf مستحثة عكسية تعمل على إطالة زمن نمو التيار فيه، أما فى حالة الملف ذو القلب الحديدى فإن القوة الدافعة الكهربائية العكسية المتولدة به بالحث الذاتى تكون أكبر لزيادة معامل الحث الذاتى له حيث $(L \propto \mu)$ مما يعمل على زيادة زمن نمو التيار فيه.

- اضمحلال التيار فى سلك مستقيم أسرع من اضمحلاله فى

ملف أجوف أسرع من اضمحلاله فى ملف به قلب حديدى لحظة فتح الدائرة.

لأن عند انهيار التيار لا يتولد بين طرفى السلك emf مستحثة لأن السلك لا يقطع المجال المغناطيسى الناشئ عنه، أما فى حالة الملف الأجوف لحظة فتح الدائرة تتولد emf مستحثة طردية تقاوم انهيار التيار وتتوقف على التغير فى الفيض الذى يقطعه الملف فى وحدة الزمن وتزداد أكثر عندما يكون للملف قلب من الحديد لأن الحديد يعمل على زيادة معامل الحث الذاتى للملف.



- * تُلَف أسلاك المقاومات القياسية لفًا مزدوجًا، لتلافي تأثير الحث الذاتى فى الأسلاك حيث يلغى المجال الناتج عن مرور التيار فى اتجاه معين فى أى لفة المجال الناتج عن مرور التيار فى الاتجاه المضاد فى اللفة المجاورة لها.

مثال ١

حسب معامل الحث الذاتي لللف متولد فيه قوة دافعة كهربية مستحثة مقدارها 10 V إذا تغيرت شدة التيار فيه بمعدل 40 A/s

$$emf = 10 \text{ V} \quad \frac{\Delta I}{\Delta t} = 40 \text{ A/s} \quad L = ?$$

$$L = \frac{emf}{\Delta I / \Delta t} = \frac{10}{40} = 0.25 \text{ H}$$

مثال ٢

ملف لولبي طوله 31.4 cm وعدد لفاته 1000 لفة ومساحة كل لفة من لفاته 20 cm^2 . احسب معامل الحث الذاتي له (علماً بأن معامل النفاذية المغناطيسية للهواء $\mu = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T.m/A}$)

$$l = 31.4 \times 10^{-2} \text{ m} \quad N = 1000 \quad A = 20 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \quad \mu = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T.m/A} \quad L = ?$$

$$\mu N^2 = \frac{4 \times 3.14 \times 10^{-7} \times 20 \times 10^{-4} \times (1000)^2}{31.4 \times 10^{-2}} = 8 \times 10^{-3} \text{ H}$$

مثال ٣

ملف حث معامل حثه الذاتي 0.02 H ومقاومته 12Ω يتصل بطرفي بطارية قوتها 6 V بحصيرة ٥١ ومقاومتها الداخلية مهملة، احسب :

- (أ) معدل نمو التيار في الملف لحظة غلق الدائرة.
- (ب) معدل نمو التيار في الملف لحظة وصول التيار إلى 75% من قيمته العظمى.
- (ج) شدة التيار المار في دائرة الملف عندما يكون معدل نمو التيار 120 A/s

الحل

$$L = 0.02 \text{ H} \quad R = 12 \Omega \quad V_B = 6 \text{ V}$$

- (أ) لحظة غلق الدائرة يكون معدل نمو التيار قيمة عظمى وبالتالي يكون مقدار القوة الدافعة الكهربية المستحثة العكسية المتولدة في الدائرة قيمة عظمى يساوى مقدار القوة الدافعة الكهربية للبطارية.

$$\therefore (emf)_{\text{مستحثة}} = V_B = 6 \text{ V}$$

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{(emf)_{\text{مستحثة}}}{L} = \frac{6}{0.02} = 300 \text{ A/s}$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{V_B - (emf)_{\text{مستحثة}}}{R}$$

(ب) يتعمن التيار المار في الدائرة من العلاقة $V = 0.75 V_B = V_B - (emf)_{\text{مستحثة}}$ وبالتالي عندما يصل التيار إلى 0.75 من قيمته العظمى تكون V قيمتها 0.75 من قيمتها العظمى.

$$(emf)_{\text{مستحثة}} = V_B - 0.75 V_B = 0.25 V_B$$

$$(emf)_{\text{مستحثة}} = \frac{25}{100} V_B = \frac{25}{100} \times 6 = 1.5 \text{ V}$$

$$\therefore \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{(emf)_{\text{مستحثة}}}{L} = \frac{1.5}{0.02} = 75 \text{ A/s}$$

$$(emf)_{\text{مستحثة}} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} = -0.02 \times 120 = -2.4 \text{ V}$$

(ج)

\therefore مقدار القوة الدافعة الكهربائية المستحثة العكسية هو 2.4 V

$$I = \frac{V}{R} = \frac{V_B - (emf)_{\text{مستحثة}}}{R} = \frac{6 - 2.4}{12} = 0.3 \text{ A}$$

ارشاد

* عند تغير شدة التيار المار في ملف بمقدار (ΔI) خلال فترة زمنية (Δt) يتغير الفيض الذي يقطع الملف بمقدار $(\Delta \phi_m)$ خلال نفس تلك الفترة الزمنية ويمكن تعيين معامل الحث الذاتي في حالة عدم تحديد زمن التغير كالتالي:

$$\therefore emf = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} = -N \frac{\Delta \phi_m}{\Delta t} \quad \therefore L \Delta I = N \Delta \phi_m$$

مثال

ملفان متجاوران A ، B عدد لفاتهما 100 لفة، 200 لفة على الترتيب فإذا تم غلق دائرة الملف A ليمر تيار شدته 2 A فيها فنتج عنه فيض في نفس الملف B $3 \times 10^{-4} \text{ Wb}$ وفي الملف B فيض $1.5 \times 10^{-5} \text{ Wb}$ ، **أوجد**،
(1) معامل الحث الذاتي للملف A
(2) معامل الحث المتبادل بين الملفين.
(ج) متوسط emf في الملف B عندما ينعدم التيار في الملف A خلال 0.1 s

الحل

الملف B

$$N_B = 200 \quad (\Delta \phi_m)_B = 1.5 \times 10^{-5} \text{ Wb}$$

$$(emf)_B = ?$$

الملف A

$$N_A = 100 \quad \Delta I_A = 2 \text{ A}$$

$$(\Delta \phi_m)_A = 3 \times 10^{-4} \text{ Wb}$$

$$L_A = ?$$

$$M = ?$$

$$L_A \Delta I_A = N_A (\Delta \phi_m)_A \quad (1)$$

$$L_A = N_A \frac{(\Delta \phi_m)_A}{\Delta I_A} = \frac{100 \times 3 \times 10^{-4}}{2} = 1.5 \times 10^{-2} \text{ H}$$

$$M \Delta I_A = N_B (\Delta \phi_m)_B \quad (2)$$

$$M = N_B \frac{(\Delta \phi_m)_B}{\Delta I_A} = \frac{200 \times 1.5 \times 10^{-5}}{2} = 1.5 \times 10^{-3} \text{ H}$$

$$(emf)_B = -M \frac{\Delta I_A}{\Delta t} = \frac{-1.5 \times 10^{-3} \times (0 - 2)}{0.1} = 0.03 \text{ V} \quad (3)$$

إرشاد

المقارنة بين معاملى الحث الذاتى للفين لولبيين عند ثبوت معامل الفاذيه

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{A_1 N_1^2 \ell_2}{A_2 N_2^2 \ell_1} = \frac{r_1^2 N_1^2 \ell_2}{r_2^2 N_2^2 \ell_1}$$

مثال

ملفان حث طولهما 125 cm ، 100 cm وعدد لفاتهما 5 لفات و 8 لفات على الترتيب ونصف قصر و حبيب
2 cm ، 4 cm على الترتيب، احسب النسبة بين معاملى الحث الذاتى لهما $(\frac{L_1}{L_2})$.

الحل

$$\ell_1 = 125 \text{ cm} \quad \ell_2 = 100 \text{ cm} \quad N_1 = 5 \quad N_2 = 8 \quad r_1 = 4 \text{ cm} \quad r_2 = 2 \text{ cm} \quad \frac{L_1}{L_2} = ?$$

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{r_1^2 N_1^2 \ell_2}{r_2^2 N_2^2 \ell_1} = \frac{(4)^2 \times (5)^2 \times 100}{(2)^2 \times (8)^2 \times 125} = \frac{5}{4}$$

تطبيق على الحث الذاتى لملف

مصباح الفلورسنت

الاستخدام

فى الإضاءة.

شرح الفكرة العلمية

يتم تفريغ الطاقة المغناطيسية المخترنة فى ملف حث فى أنبوبة مفرغة من الهواء وبها غاز خامل تحت ضغط منخفض، مما يسبب تصادمات بين ذراته تؤدى إلى تأينها وعند اصطدام هذه الأيونات مع سطح الأنبوبة المطفى بمادة فلورسسية ينبعث ضوء مرئى.

اختبر نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

١ ملف كان معامل حثه الذاتي 0.2 H عندما كان قلبه هوائى، فإذا وضع به قلب من الحديد فإن معامل

حثه الذاتي

أ يساوى 0.2 H

ب يزيد عن 0.2 H

ج يقل عن 0.2 H

د يصبح صفر

٢ الشكل البياني المقابل يمثل العلاقة بين شدة التيار (I) المار

فى ملف لولبى والزمن (t)، فإذا علمت أن معامل الحث

الذاتى للملف 60 mH فإن القوة الدافعة الكهربائية المستحثة

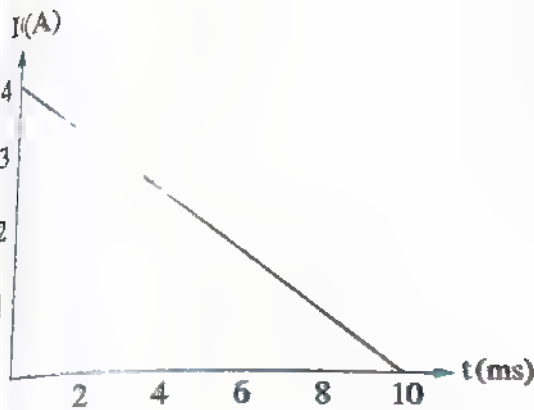
فى الملف تساوى

أ 8 V

ب 16 V

ج 24 V

د 32 V



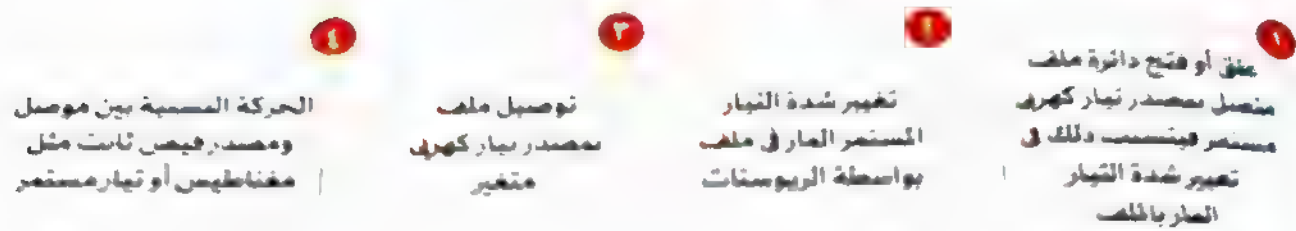
٣

ملفان متجاوران A، B عدد لفاتهما 200 لفة، 800 لفة على الترتيب، إذا تغير التيار المار فى الملف A بمقدار 10 A تغير الفيض المغناطيسى خلال الملف A بمقدار 10^{-3} Wb وخلال الملف B بمقدار 10^{-4} Wb فإن

معامل الحث المتبادل بين الملفين	معامل الحث الذاتى للملف A	
$8 \times 10^{-3} \text{ H}$	0.02 H	أ
$6 \times 10^{-3} \text{ H}$	0.02 H	ب
$8 \times 10^{-3} \text{ H}$	0.04 H	ج
$6 \times 10^{-3} \text{ H}$	0.04 H	د

يتم بالحسب ظاهرة الحث الكهرومغناطيسي كما يلي:

(1) إحداث تغير في الفيض المغناطيسي الذي يقطع الموصل، عن طريق



مما يؤدي إلى

تغير في الفيض المغناطيسي الذي يقطع
الملف أو الموصل وتولد قوة دافعة كهربية
مستحثة بين طرفي الملف أو الموصل

(ب) الحصول على تيار مستحث :

إذا كان الموصل متصل بدائرة كهربية مغلقة يؤدي تولد قوة دافعة كهربية مستحثة في الموصل.

إذا كان الموصل

سلك مستقيم

يتعين اتجاهه باستخدام

قاعدة اليد اليمنى لفلمنج

ملف

يتعين اتجاهه باستخدام

قاعدة لenz



في هذا الدرس سوف نتعرف :

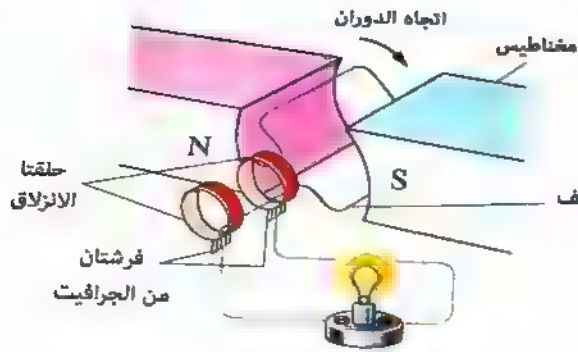
- ◀ مولد التيار الكهربائي المتردد [الدينامو].
- ◀ القيمة الفعالة للتيار المتردد.
- ◀ تقويم التيار الكهربائي المتردد في المولد الكهربائي.

مولد التيار الكهربى المتردد (الدينامو) AC Generator

الاستخدام

تحويل الطاقة الميكانيكية (الحركية) إلى طاقة كهربية.

المركب



- ١ مغناطيس ثابت (دائم أو كهربى).
- ٢ ملف يتكون من لفة واحدة أو عدة لفات موضوع بحيث يكون قابل للدوران حول محور عمودى على المجال المغناطيسى.
- ٣ حلقتا انزلاق معدنيتان تتصل كل منهما بإحدى نهايتى الملف وتدوران مع دوران الملف.
- ٤ فرشتان من الجرافيت (قطبا الدينامو) تلامس كل منهما إحدى الحلقتين المنزلقتين ليمر التيار الكهربى المستحث فى الملف من خلالهما للدائرة الخارجية.

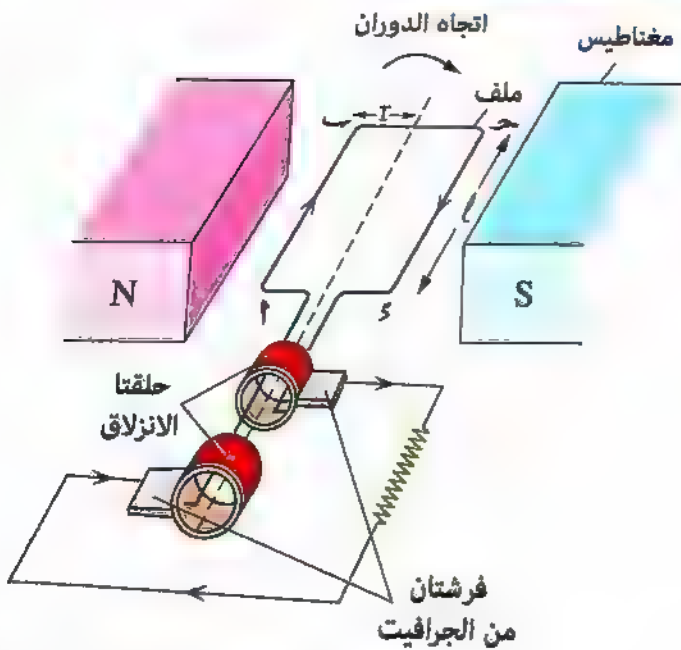
أساس العلمى (فكرة العمل)

الحث الكهرومغناطيسى.

شرح فكرة العمل

عند دوران ملف بين قطبي المغناطيس يتغير الفيض المغناطيسى الذى يقطع الملف مع الزمن فتتولد بين طرفي الملف قوة دافعة كهربية مستحثة ويمر به تيار كهربى مستحث.

حساب القوة الدافعة الكهربائية المستحثة اللحظية فى ملف الدينامو



عند دوران الملف بسرعة زاوية ω يدور الضلعان أ ب ، ح د الممثلان لطولى الملف بسرعة خطية v فى فيض مغناطيسى منتظم كثافته B ، فإذا كانت الزاوية بين اتجاه السرعة الخطية وخطوط الفيض هى θ فإن emf المستحثة فى تلك اللحظة فى كل من الضلعين

$$emf = B(v \sin \theta)$$

حيث: (l) طول الضلع أ ب أو ح د

بينما الضلعان ب ح ، د أ لا تتولد عنهما emf مستحثة

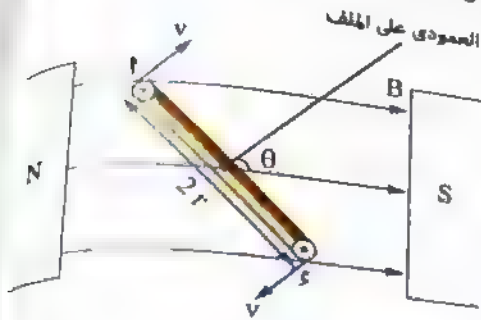
3

$$emf = 2 B l v \sin \theta$$

$$v = \omega r$$

وبالتالي تصبح emf المستحثة المتولدة في اللفة الواحدة :

حيث (ω) السرعة الزاوية وتساوي $(2 \pi f)$ وتقاس بوحدة (rad/s) ، (f) تردد دوران الملف ، (r) نصف قطر الدائرة التي يدور فيها الملف حول محوره (نصف طول الضلع l أو b) .



$$\therefore emf = 2 B l \omega r \sin \theta$$

$$\therefore A (\text{مساحة وجه الملف}) = l \times 2 r$$

$$\therefore emf = B A \omega \sin \theta$$

وعندما يكون عدد لفات الملف N تكون emf الحثية :

$$emf = N B A \omega \sin \theta$$

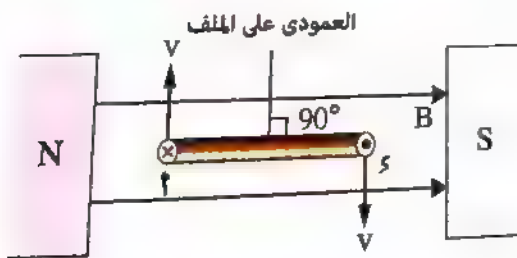
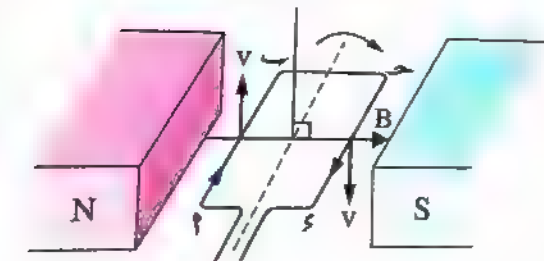
حيث (θ) هي :

- ١ الزاوية المحصورة بين مستوى الملف والعمودي على اتجاه خطوط الفيض المغناطيسي.
- ٢ الزاوية المحصورة بين اتجاه خطوط الفيض المغناطيسي والعمودي على مستوى الملف.
- ٣ الزاوية المحصورة بين اتجاه السرعة الخطية للضلعين الطويلين للملف واتجاه خطوط الفيض المغناطيسي.
- ٤ زاوية دوران الملف مبتدئاً من وضع الصفر.

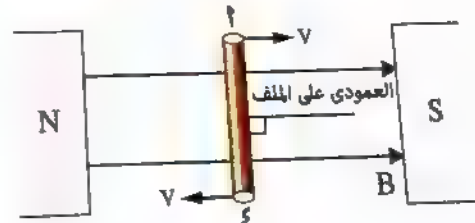
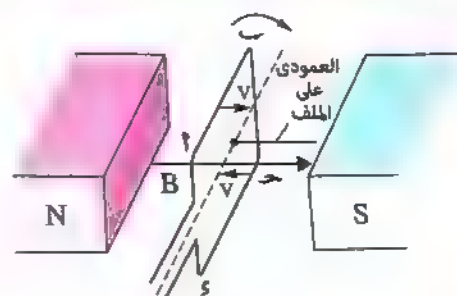
فإذا كان مستوى الملف

موازي لخطوط الفيض

العمودي على الملف



عمودي على خطوط الفيض



فإن

العمودي على الملف يكون عمودياً على المجال
: $(\theta = 90^\circ)$

$$emf = N B A \omega \sin 90 = N B A \omega$$

العمودي على الملف يكون موازياً للمجال
: $(\theta = 0^\circ)$

$$emf = N B A \omega \sin 0 = 0$$

أي تنعدم القوة الدافعة الكهربائية المستحثة
تصبح القوة الدافعة الكهربائية المستحثة قيمة عظمى
إذا دار الملف بزاوية θ من الوضع

الموازي لاتجاه الفيض المغناطيسي

العمودي على اتجاه الفيض المغناطيسي

$$emf = NBA\omega \sin (90 + \theta)$$

$$emf = NBA\omega \sin \theta$$

* مما سبق يتضح أنه يمكن تعيين emf المستحثة اللحظية بدلالة $(emf)_{max}$ كالتالي :

$$\begin{aligned} emf &= (emf)_{max} \sin \theta \\ &= NBA\omega \sin \theta = NBA\omega \sin \omega t \\ &= NBA \times 2 \pi f \sin 2 \pi ft \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\downarrow \quad \quad \downarrow \\ &\frac{22}{7} \quad \quad 180^\circ \end{aligned}$$

$$\therefore emf = (emf)_{max} \sin 2 \pi ft$$

ملاحظة

* يمكن تعيين القوة الدافعة الكهربائية المستحثة اللحظية بدلالة السرعة الخطية لحركة الضلعين الطويلين ملف الدينامو من العلاقة :
حيث (l) طول ضلع ملف الدينامو، (v) السرعة الخطية لملف الدينامو.

$$emf = 2 NB l v \sin \theta$$

معلومة إثرائية

* العلاقة بين السرعة الزاوية (ω) والسرعة الخطية (v) :

- إذا تحرك جسم في مسار دائري من a إلى b كما بالشكل المقابل، يمكن التعبير عن حركته :

$$(1) \text{ بالسرعة الخطية : } v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \text{ وتقاس بـ m/s}$$

$$(2) \text{ بالسرعة الزاوية : } \omega = \frac{\Delta \theta}{\Delta t} \text{ وتقاس بـ rad/s}$$

- إذا تحرك الجسم دورة كاملة في فترة زمنية T ، فإن :

$$v = \frac{2 \pi r}{T} \Rightarrow T = \frac{2 \pi r}{v} \quad (1)$$

$$\omega = \frac{2 \pi}{T} \Rightarrow T = \frac{2 \pi}{\omega} \quad (2)$$

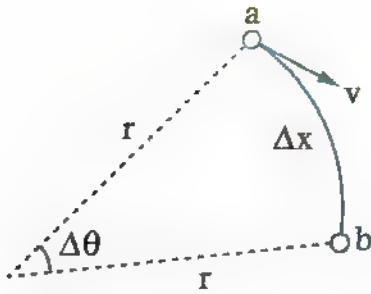
$$\therefore \frac{2 \pi r}{v} = \frac{2 \pi}{\omega}$$

$$\omega = \frac{2 \pi}{T} = 2 \pi f$$

$$\therefore v = \omega r$$

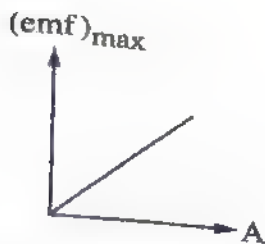
من المعادلتين (1) ، (2) :

لاحظ أن من المعادلة (2) :



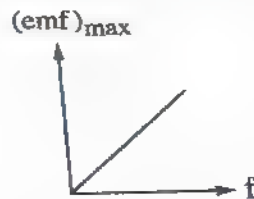
العوامل التي يتوقف عليها مقدار emf المستحثة العظمى في ملف ديلامو التيار المتردد

مساحة وجه الملف :
يتناسب مقدار emf المستحثة العظمى تناسباً
طردياً مع مساحة وجه الملف.



$$\text{slope} = \frac{\Delta(\text{emf})_{\text{max}}}{\Delta A} = NB \times 2 \pi f$$

التردد أو السرعة الزاوية التي يتحرك بها
الملف :
يتناسب مقدار emf المستحثة العظمى
تناسباً طردياً مع التردد أو السرعة الزاوية
التي يتحرك بها الملف.

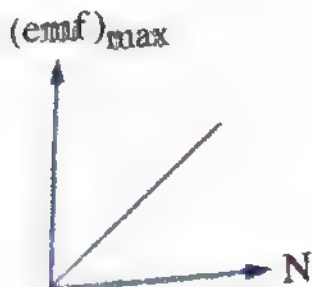


$$\text{slope} = \frac{\Delta(\text{emf})_{\text{max}}}{\Delta f} = NBA \times 2 \pi$$

$$(\text{emf})_{\text{max}} = NBA \times 2 \pi f$$

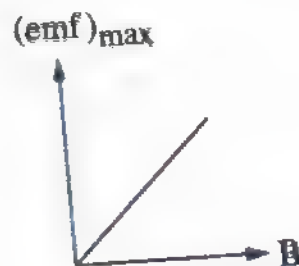
عدد لفات الملف :

يتناسب مقدار emf المستحثة العظمى تناسباً
طردياً مع عدد لفات الملف.



$$\text{slope} = \frac{\Delta(\text{emf})_{\text{max}}}{\Delta N} = BA \times 2 \pi f$$

كثافة الفيض المغناطيسي للمغناطيس المستخدم :
يتناسب مقدار emf المستحثة العظمى تناسباً طردياً مع
كثافة الفيض المغناطيسي للمغناطيس المستخدم.



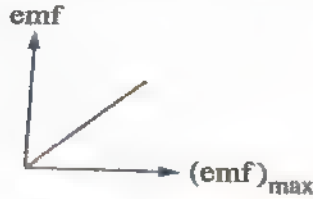
$$\text{slope} = \frac{\Delta(\text{emf})_{\text{max}}}{\Delta B} = NA \times 2 \pi f$$

المعامل التي يتوقف عليها مقدار emf المستحثة الحثية في ملف ديناو التيار المتحركة

$$emf = (emf)_{\max} \sin \theta$$

٢

القوة الدافعة الكهربائية المستحثة العظمى ملف الدينامو :
يتناسب مقدار emf المستحثة الحثية تناسباً طردياً مع مقدار emf المستحثة العظمى.

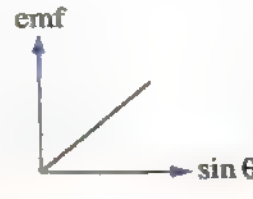


$$\text{slope} = \frac{\Delta(emf)}{\Delta(emf)_{\max}} = \sin \theta$$

١

الزاوية بين العمودي على مستوى الملف والفيض المغناطيسي أو الزاوية بين اتجاه السرعة الخطية واتجاه الفيض :

يتناسب مقدار emf المستحثة الحثية تناسباً طردياً مع جيب الزاوية بين العمودي على مستوى الملف والفيض المغناطيسي أو جيب الزاوية بين اتجاه السرعة الخطية واتجاه الفيض.



$$\text{slope} = \frac{\Delta(emf)}{\Delta \sin \theta} = (emf)_{\max} = NBA \times 2 \pi f$$

القوة الدافعة الكهربائية المستحثة في المواد خلال دورة كاملة

١ إذا اتصل قطبا الدينامو معاً خلال مقاومة أومية فإنه عندما يدور الملف بين قطبي المغناطيس مبتدئاً من الوضع الذي يكون فيه مستواه عمودي على خطوط الفيض ($\theta = 0^\circ$)، كما بالشكل المقابل :
يكون $emf = (emf)_{\max} \sin \theta = 0$ وبالتالي ينعدم كل من emf المستحثة وشدة التيار المستحث.

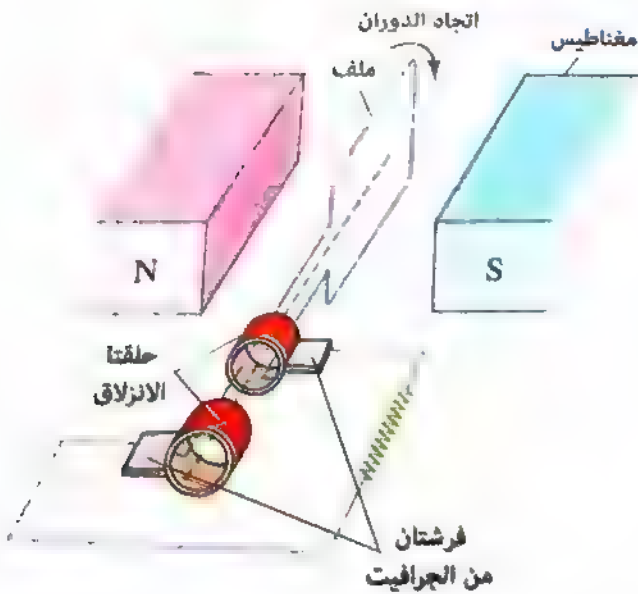
٢ عندما يدور الملف تزداد قيمة emf تدريجياً حتى يصبح مستوى الملف موازياً لخطوط الفيض تصبح emf قيمة عظمى وكذلك شدة التيار المستحث.

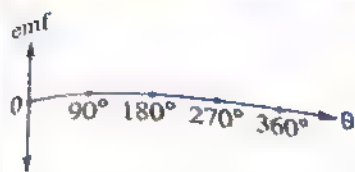
٣ باستمرار دوران الملف حتى يصبح مستواه عمودياً على خطوط

الفيض مرة أخرى تقل قيمة emf حتى تنعدم تدريجياً وكذلك شدة التيار المستحث.

٤ عندما يدور الملف يتغير اتجاه كل من emf المستحثة والتيار المستحث ليصبح عكس الاتجاه الأول

وتتكرر الخطوة ٢ ثم الخطوة ٣ حتى يكمل الملف دورة كاملة خلال زمن قدره T ويمكن تمثيل ذلك بمنحنى جيبي كما يلي :



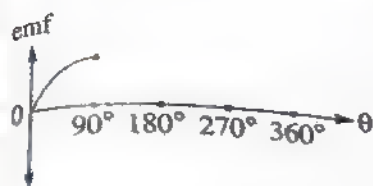


صفر

$$t = 0, \theta = 0^\circ, \sin \theta = 0$$



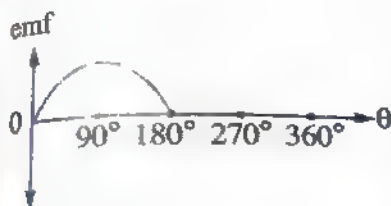
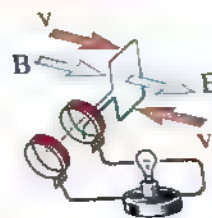
$$t = \frac{T}{4}, \theta = 90^\circ = \frac{\pi}{2}, \sin \theta = 1$$



$$emf = NBA\omega$$

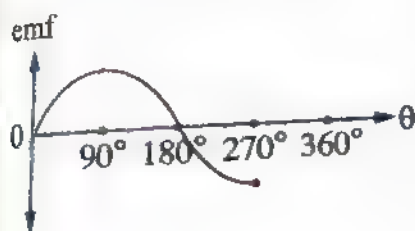
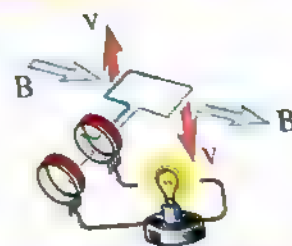
(قيمة عظمى)

$$t = \frac{T}{2}, \theta = 180^\circ = \pi, \sin \theta = 0$$



صفر

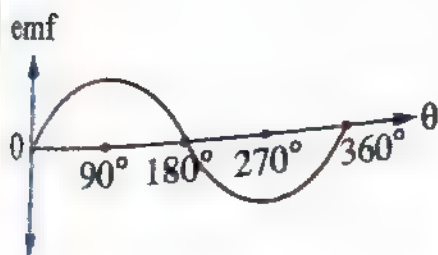
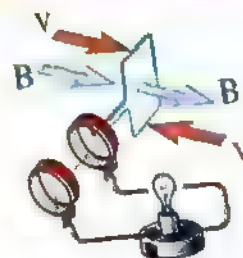
$$t = \frac{3T}{4}, \theta = 270^\circ = \frac{3}{2}\pi, \sin \theta = -1$$



$$emf = -NBA\omega$$

(قيمة عظمى في الاتجاه المضاد)

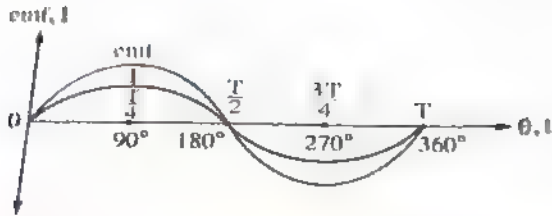
$$t = T, \theta = 360^\circ = 2\pi, \sin \theta = 0$$



صفر

مما سبق نستنتج أن :

- القوة الدافعة المستحثة تتغير جيئياً مع الزاوية θ (كما بالشكل)، حيث :
- تكون قيمة عظمى عند $(\theta = 90^\circ, 270^\circ)$.
- تنعدم عند $(\theta = 0^\circ, 180^\circ, 360^\circ)$.



عند اتصال طرفي ملف الدينامو بمقاومة أومية تكون قيمة التيار المستحث صفر عندما تكون $(emf = 0)$ ويكون قيمة عظمى عندما تكون emf قيمة عظمى.

التيار المستحث اللحظي يتناسب طردياً مع القوة الدافعة المستحثة عند نفس اللحظة طبقاً لقانون أوم، وبالتالي

$$I = I_{\max} \sin \theta = I_{\max} \sin 2 \pi f t$$

فإن التيار المستحث اللحظي يحسب من العلاقة :

التيار المتولد يغير اتجاهه كل نصف دورة، ويعرف بالتيار المتردد.

التيار المتردد

التيار الذي تتغير شدته دورياً من الصفر إلى نهاية عظمى ثم يعود إلى الصفر في نصف دورة ثم ينعكس اتجاهه وتزداد شدته إلى نهاية عظمى ثم يعود إلى الصفر في نصف الدورة الثاني ويتكرر ذلك بنفس الكيفية كل دورة.

* من الشكل البياني السابق نجد أن التيار المتردد :

- يصنع خلال الثانية الواحدة عدد من الذبذبات (الدورات) الكاملة يطلق عليها التردد (f) ، ويتعين من العلاقة :

$$f = \frac{\text{عدد الدورات}}{\text{الزمن الكلي}}$$

وحدة قياس التردد هي **هيرتز (Hz)** ويكافئ ثانية⁻¹

- يستغرق زمن لعمل ذبذبة كاملة يطلق عليه الزمن الدوري (T) ،

ويتعين من العلاقة :

$$T = \frac{\text{الزمن الكلي}}{\text{عدد الدورات}} = \frac{1}{f}$$

* من هنا يمكن تعريف كل من تردد التيار المتردد والزمن الدوري له كالتالي :

الزمن الدوري (T)

الزمن الذي يستغرقه التيار المتردد في عمل ذبذبة (دورة) كاملة.

التردد (f)

عدد الذبذبات (الدورات) الكاملة التي يصنعها التيار المتردد في الثانية الواحدة.

3

ملاحظات

- * يختلف تردد التيار المتولد من محطات القوى الكهربائية من بلد لآخر، فتردد التيار المستخدم في مصر هو 50 Hz
- * عندما يكمل ملف الدينامو دورة كاملة حول محوره تتولد نبضة كاملة للتيار المتردد، لذا تردد التيار المتردد يساوي تردد دوران ملف الدينامو الذي أنتجه.
- * عدد مرات وصول التيار المتردد للصفر خلال الثانية بدءًا من وضع الصفر (الوضع العمودي) $= 2f + 1$
- * عدد مرات وصول التيار المتردد لقيمة عظمى خلال الثانية بدءًا من وضع الصفر (الوضع العمودي) $= 2f$

مثال 1

ملف في مولد كهربى بسيط للتيار المتردد عدد لفاته 100 لفة مساحة مقطع كل منها 0.21 m^2 يدور الملف بتردد 50 دورة في الثانية في مجال مغناطيسى ثابت كثافة فيضيه $10^{-3} \text{ Weber/m}^2$ ، احسب القيمة العظمى للقوة الدافعة المستحثة، ثم احسب قيمة القوة الدافعة المستحثة عندما تكون الزاوية بين اتجاه السرعة الخطية لضلع الملف الطولين واتجاه الفيض 30°

الحل

$$N = 100 \quad A = 0.21 \text{ m}^2 \quad f = 50 \text{ Hz} \quad B = 10^{-3} \text{ Weber/m}^2 \quad \theta = 30^\circ$$

$$(emf)_{\max} = ? \quad emf = ?$$

$$(emf)_{\max} = NBA\omega = NBA \times 2\pi f$$

$$= 100 \times 10^{-3} \times 0.21 \times 2 \times \frac{22}{7} \times 50 = 6.6 \text{ V}$$

$$emf = (emf)_{\max} \sin \theta = 6.6 \times \sin 30 = 3.3 \text{ V}$$

مثال 2

دينامو تيار متردد ملفه مستطيل الشكل طوله 50 cm وعدد لفاته 400 لفة يدور بمعدل 360 دورة في الدقيقة داخل مجال مغناطيسى منتظم كثافة فيضيه 0.25 T، فإذا كان ضلع الملف الطويلان يدوران حول محور موازى لطوله بسرعة خطية 4 m/s، احسب:

- القيمة العظمى للقوة الدافعة الكهربائية المستحثة.
- قيمة القوة الدافعة الكهربائية اللحظية عند ميل اتجاه السرعة الخطية لضلع الملف الطولين بزاوية 45° على اتجاه خطوط الفيض المغناطيسى.
- قيمة القوة الدافعة الكهربائية اللحظية بعد مرور $\frac{1}{720}$ ثانية من وضع الصفر.

$$l = 50 \text{ cm} \quad N = 400 \quad f = \frac{360}{60} \text{ Hz} \quad B = 0.25 \text{ T} \quad v = 4 \text{ m/s} \quad \theta = 45^\circ$$

$$t = \frac{1}{720} \text{ s} \quad \text{emf}_{\text{max}} = ? \quad \text{emf} = ?$$

$$\text{emf}_{\text{max}} = 2 N B l v$$

$$= 2 \times 400 \times 0.25 \times 50 \times 10^{-2} \times 4 = 400 \text{ V}$$

$$\text{emf} = \text{emf}_{\text{max}} \sin \theta = 400 \sin 45 = 282.84 \text{ V}$$

$$\text{emf} = \text{emf}_{\text{max}} \sin 2 \pi f t = 400 \sin \left(2 \times 180 \times \frac{360}{60} \times \frac{1}{720} \right) = 20.93 \text{ V}$$

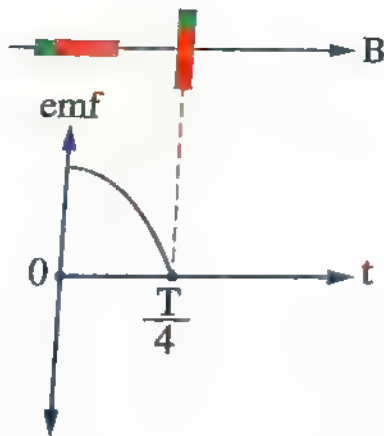
(1)

(ب)

(ج)

* بفرض أن الفيض المغناطيسي الذي يقطع الملف في الوضع العمودي الابتدائي يساوي (+BA).
تتعين القوة الدافعة الكهربية المتوسطة المستحثة في ملف الدينامو إذا أُدير الملف بزاوية :
90° - (1/4 دورة = π/2) :

من الوضع الموازي لاتجاه الفيض المغناطيسي



$$(\phi_m)_1 = 0, (\phi_m)_2 = BA$$

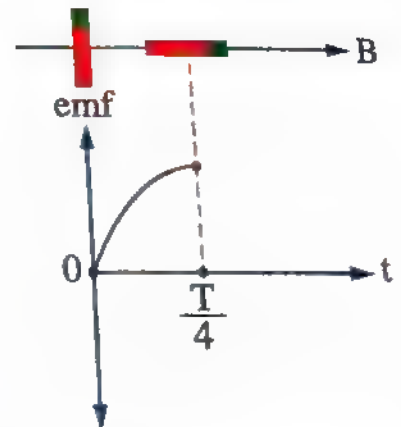
$$\Delta \phi_m = BA - 0 = BA$$

فإن

$$\Delta t = \frac{T}{4} = \frac{1}{4f}$$

$$\begin{aligned} (\text{emf})_{\text{متوسط}} &= -N \frac{\Delta \phi_m}{\Delta t} = -N \frac{BA}{\frac{1}{4f}} \\ &= -NBA \times 4f \end{aligned}$$

من الوضع العمودي على اتجاه الفيض المغناطيسي

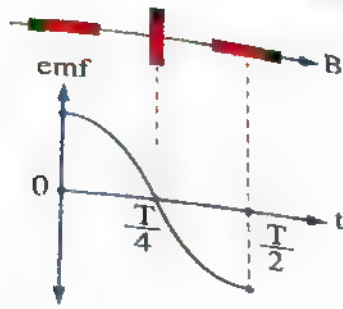


$$(\phi_m)_1 = BA, (\phi_m)_2 = 0$$

$$\Delta \phi_m = 0 - BA = -BA$$

$$\begin{aligned} (\text{emf})_{\text{متوسط}} &= -N \frac{\Delta \phi_m}{\Delta t} = -N \frac{-BA}{\frac{1}{4f}} \\ &= NBA \times 4f \end{aligned}$$

من الوضع الموازي لاتجاه الفيض المغناطيسي



$$(\phi_m)_1 = 0, (\phi_m)_2 = 0$$

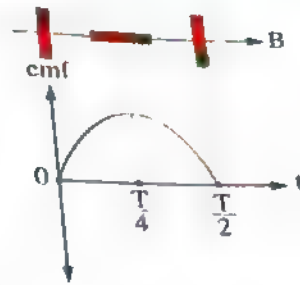
$$\Delta\phi_m = 0$$

$$(emf)_{\text{متوسط}} = -N \frac{\Delta\phi_m}{\Delta t} = -N \frac{0}{\frac{1}{2f}} = 0$$

فإن

$$\Delta t = \frac{T}{2} = \frac{1}{2f}$$

من الوضع العمودي على اتجاه الفيض المغناطيسي



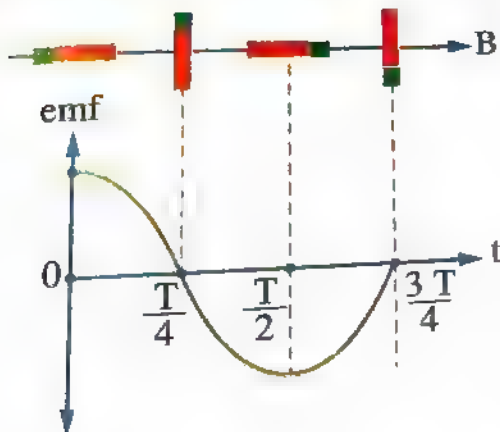
$$(\phi_m)_1 = BA, (\phi_m)_2 = -BA$$

$$\Delta\phi_m = -BA - BA = -2BA$$

$$(emf)_{\text{متوسط}} = -N \frac{\Delta\phi_m}{\Delta t} = -N \frac{-2BA}{\frac{1}{2f}} = NBA \times 4f$$

270° - (3/4 دورة = 3π/2) :

من الوضع الموازي لاتجاه الفيض المغناطيسي



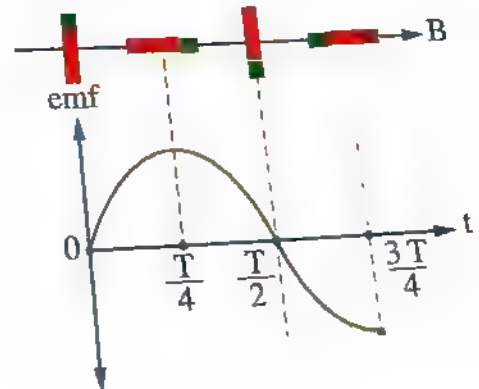
$$(\phi_m)_1 = 0, (\phi_m)_2 = -BA$$

$$\Delta\phi_m = -BA - 0 = -BA$$

$$\Delta t = \frac{3T}{4} = \frac{3}{4f}$$

$$(emf)_{\text{متوسط}} = -N \frac{\Delta\phi_m}{\Delta t} = -N \frac{-BA}{\frac{3}{4f}} = NBA \times \frac{4}{3}f$$

من الوضع العمودي على اتجاه الفيض المغناطيسي

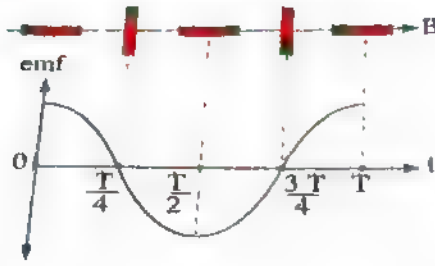


$$(\phi_m)_1 = BA, (\phi_m)_2 = 0$$

$$\Delta\phi_m = 0 - BA = -BA$$

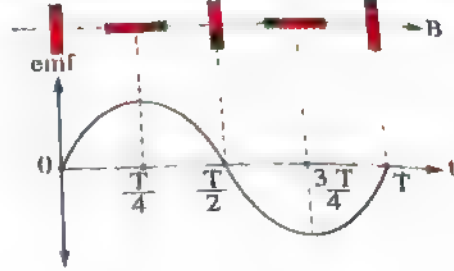
360° (دورة كاملة $= 2\pi$)

من الوضع الموازي لاتجاه الفيض المغناطيسي



$$(\phi_m)_1 = 0, (\phi_m)_2 = 0$$

من الوضع العمودي على اتجاه الفيض المغناطيسي



$$(\phi_m)_1 = BA, (\phi_m)_2 = BA$$

فإن

$$\Delta\phi_m = 0$$

$$\Delta t = T = \frac{1}{f}$$

$$(emf)_{\text{متوسط}} = -N \frac{\Delta\phi_m}{\Delta t} = -N \frac{0}{\frac{1}{f}} = 0$$

ملاحظات

* مبتدئاً من وضع الصفر يكون متوسط القوة الدافعة المستحثة خلال $\frac{1}{4}$ دورة = متوسط القوة الدافعة المستحثة خلال $\frac{1}{2}$ دورة،

لأن متوسط القوة الدافعة الكهربية خلال $\frac{1}{4}$ دورة يحسب من العلاقة :

$$emf = -N \frac{\Delta\phi_m}{\Delta t} = -N \frac{-BA}{\frac{T}{4}} = +4 NBAf \quad (1)$$

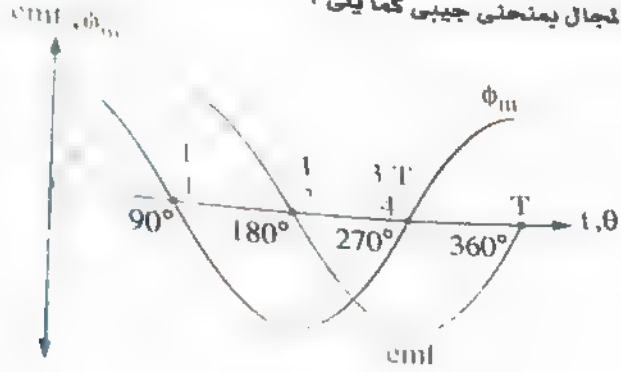
ومتوسط القوة الدافعة الكهربية خلال $\frac{1}{2}$ دورة من وضع الصفر يحسب من العلاقة :

$$emf = -N \frac{\Delta\phi_m}{\Delta t} = -N \frac{-2BA}{\frac{T}{2}} = +4 NBAf \quad (2)$$

من المعادلتين (1)، (2) نلاحظ أن تضاعف التغير في الفيض المغناطيسي خلال $\frac{1}{2}$ دورة يقابله تضاعف الزمن الحادث فيه، فيظل معدل التغير في الفيض المغناطيسي ثابت وبالتالي تظل القوة الدافعة المستحثة المتوسطة دون تغيير.

* القيمة المتوسطة للتيار المتردد خلال دورة كاملة للملف = صفر.

- * متوسط القوة الدافعة خلال دورة كاملة = صفر، لأن متوسط القوة الدافعة الكهربية في النصف الأول للدورة يساوى متوسط القوة الدافعة الكهربية في النصف الثاني للدورة ويضاده في الاتجاه فتكون محصلتهما = صفر.
- * تمثل العلاقة البيانية بين كل من القوة الدافعة الكهربية المستحثة المتولدة في ملف الدينامو (emf) أو الفيض المغناطيسى (Φ_m) مع الزمن (t) أو الزاوية (θ) خلال دورة كاملة مبتدءاً من الوضع الذى يكون فيه الملف عمودى على المجال بمنحنى جيبي كما يلى :



مثال

ملف مستطيل لدينامو تيار متردد طوله 30 cm وعرضه 20 cm ، عدد لفاته 100 لفة يدور فى مجال مغناطيسى بحيث يكمل 1500 لفة فى الدقيقة، فإذا كانت كثافة الفيض المغناطيسى 0.07 T، **اوجد**

(1) قيم القوة الدافعة المستحثة اللحظية فى الملف عندما يمر بالأوضاع الآتية :

- ١- مستوى الملف عمودياً على المجال.
- ٢- مستوى الملف موازياً للمجال.
- ٣- مستوى الملف يميل بزاوية 60° على اتجاه المجال.
- ٤- مستوى الملف يميل بزاوية 60° على العمودى على اتجاه المجال.

(ب) مقدار متوسط emf المستحثة خلال :

- ١- ربع دورة عندما يدور الملف من الوضع العمودى على اتجاه المجال.
- ٢- $\frac{3}{4}$ دورة عندما يدور الملف من الوضع الموازى على اتجاه المجال.

$$A = 20 \times 30 = 600 \text{ cm}^2 \quad N = 100 \quad f = \frac{1500}{60} \text{ Hz} \quad B = 0.07 \text{ T}$$

$$\text{emf} = ? \quad (\text{emf})_{\text{متوسط}} = ?$$

$$\text{emf} = NBA\omega \sin \theta = NBA\omega \sin 0 = 0$$

$$\text{emf} = (\text{emf})_{\text{max}} = NBA \times 2 \pi f$$

$$= 100 \times 0.07 \times 600 \times 10^{-4} \times 2 \times \frac{22}{7} \times \frac{1500}{60} = 66 \text{ V}$$

$$\text{emf} = (\text{emf})_{\text{max}} \sin \theta = 66 \times \sin 30 = 33 \text{ V}$$

$$\text{emf} = (\text{emf})_{\text{max}} \sin \theta = 66 \sin 60 = 57.16 \text{ V}$$

$$(\text{emf})_{\text{متوسط}} = NBA \times 4 f$$

$$= 100 \times 0.07 \times 600 \times 10^{-4} \times 4 \times \frac{1500}{60} = 42 \text{ V}$$

$$(\text{emf})_{\text{متوسط}} = NBA \times \frac{4}{3} f$$

$$= 100 \times 0.07 \times 600 \times 10^{-4} \times \frac{4}{3} \times \frac{1500}{60} = 14 \text{ V}$$

29 اختر نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

دينامو تيار متردد يتكون ملفه من 200 لفة مساحة كل منها 0.02 m^2 يدور بتردد 50 Hz داخل مجال مغناطيسي كثافة الفيض 0.2 T ، فيكون مقدار القوة الدافعة الكهربائية المستحثة المتوسطة خلال ربع دورة من الوضع الموازي للمجال هو

80 V (ب)

240 V (د)

40 V (أ)

160 V (ج)

القيمة الفعالة للتيار المتردد - Effective Value Of Current

• يحدد قيمة التيار من I_{max} إلى I_{max} . وبالتالي تكون القيمة المتوسطة للتيار المتردد خلال دورة كاملة تساوي صفر ($I_{avg} = 0$) ، بينما القدرة الكهربائية المستهلكة خلال دورة كاملة لا تساوي الصفر . لأن الطاقة الكهربائية مستهلكة كطاقة حرارية نتيجة حركة الإلكترونات داخل الموصل بغض النظر عن اتجاهها . ويمكن التعبير عن شدة التيار المتردد بقيمة التيار الموحد الاتجاه الذي يولد نفس معدل التأثير الحراري في مقاومة معينة . وهذه القيمة تسمى القيمة الفعالة للتيار (I_{eff}) وتساوي 0.707 من القيمة العظمى للتيار .

$$I_{eff} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} = 0.707 I_{max}$$

أولاً

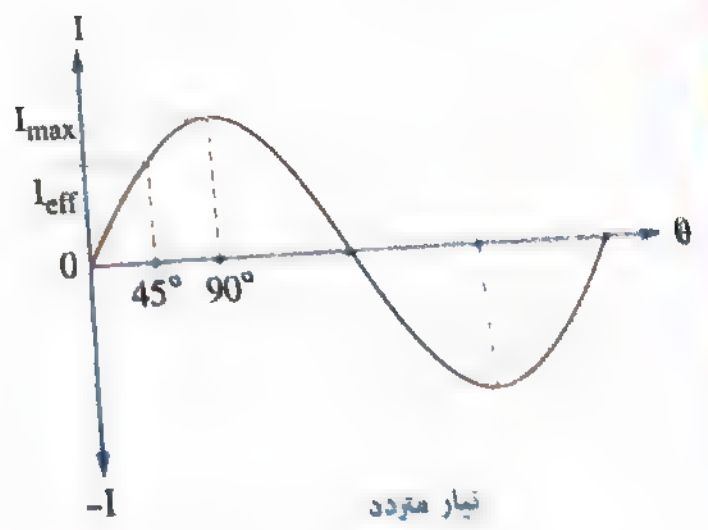
وبالتالي يمكن تعريف القيمة الفعالة للتيار المتردد كالتالي :

القيمة الفعالة للتيار المتردد

شدة التيار المستمر الذي يولد نفس الطاقة الحرارية التي يولدها التيار المتردد في نفس المقاومة وخلال نفس الزمن .
شدة التيار المستمر الذي يولد نفس القدرة الحرارية التي يولدها التيار المتردد في نفس المقاومة .



تيار مستمر



تيار متردد

التياران لهما نفس التأثير الحراري في موصل معين

$$(emf)_{eff} = \frac{(emf)_{max}}{\sqrt{2}} = 0.707 (emf)_{max}$$

نظرًا لأن التيار يتناسب طرديًا مع القوة الدافعة الكهربائية، فإن القيمة الفعالة للقوة الدافعة الكهربائية تتعين من العلاقة.

مثال

إذا كانت القيمة الفعالة لتيار متردد يمر في دائرة 10 A عندما تكون القيمة الفعالة للقوة الدافعة الكهربائية للمصدر المتردد 240 V، احسب القيمة العظمى لكل من التيار المار في الدائرة والقوة الدافعة الكهربائية للمصدر المتردد.

الحل

$$I_{eff} = 10 \text{ A} \quad (emf)_{eff} = 240 \text{ V} \quad I_{max} = ? \quad (emf)_{max} = ?$$

$$I_{eff} = 0.707 I_{max}$$

$$10 = 0.707 I_{max}$$

$$I_{max} = \frac{10}{0.707} = 14.14 \text{ A}$$

$$(emf)_{eff} = 0.707 (emf)_{max}$$

$$240 = 0.707 (emf)_{max}$$

$$(emf)_{max} = \frac{240}{0.707} = 339.46 \text{ V}$$

إرشاد

لحساب القدرة الكهربائية المستهلكة في مقاومة :

$$P_w = (emf)_{eff} I_{eff} = I_{eff}^2 R = \frac{(emf)_{eff}^2}{R}$$

$$W = P_w T = \frac{P_w}{f}$$

لحساب الطاقة الكهربائية المستهلكة في مقاومة خلال دورة كاملة

المحل 3

إذا كانت القوة الدافعة الكهربائية المستحثة اللحظية الناتجة من دينامو تيار متردد تعطى من العلاقة

مثال

$$emf = 250 \sin 21600 t$$

(أ) القيمة العظمى للقوة الدافعة الكهربائية.

(ب) القيمة الفعالة للقوة الدافعة الكهربائية.

(ج) تردد التيار.

(د) الطاقة الكهربائية المستهلكة في مقاومة 10Ω متصلة بالدائرة الخارجية للدينامو خلال دورة كاملة للدينامو.

الحل

(أ) اكتب معادلة القوة الدافعة الكهربائية المستحثة اللحظية ثم قارنها مع المعادلة المعطاة.

$$emf = (emf)_{\max} \sin 2 \pi f t$$

$$emf = 250 \sin 21600 t$$

$$(emf)_{\max} = 250 \text{ V}$$

$$(emf)_{\text{eff}} = \frac{(emf)_{\max}}{\sqrt{2}} = \frac{250}{\sqrt{2}} = 176.78 \text{ V}$$

$$2 \pi f = 21600$$

$$f = \frac{21600}{2 \times 180} = 60 \text{ Hz}$$

$$\omega = 2 \pi f = 2 \times \frac{22}{7} \times 60 = 377.14 \text{ rad/s}$$

$$W = \frac{(emf)_{\text{eff}}^2 T}{R} = \frac{(176.78)^2 \times \frac{1}{60}}{10} = 52.09 \text{ J}$$

اختبر نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

1 ملف مستطيل الشكل أبعاده 50 cm ، 70 cm وعدد لفاته 100 لفة يدور في مجال مغناطيسي منتظم كثافة الفيض 0.04 T بمعدل 25 دورة/ث، فتكون قيمة القوة الدافعة الكهربائية الفعالة المتولدة في الملف هي

$$110\sqrt{2} \text{ V } \textcircled{أ}$$

$$55\sqrt{2} \text{ V } \textcircled{ب}$$

$$103.71 \text{ V } \textcircled{ج}$$

$$220 \text{ V } \textcircled{د}$$

2 مولد تيار متردد القيمة العظمى لقوته الدافعة الكهربائية 300 V وُصل بمصباح كهربى قدرته 60 W، فإن القيمة العظمى للتيار المار في المصباح تساوى

$$0.2 \text{ A } \textcircled{أ}$$

$$0.4 \text{ A } \textcircled{ب}$$

$$2.5 \text{ A } \textcircled{ج}$$

$$5 \text{ A } \textcircled{د}$$

تقويم التيار الكهربى المتردد فى المولد الكهربى

تتطلب كثير من التطبيقات الكهربائية استخدام تيار مستمر (DC) وليس تيار متردد (AC)، مثل

١ عملية التحليل الكهربى واستخلاص بعض العناصر من مركباتها.

٢ عملية الطلاء بالكهرباء.

٣ محرك التيار المستمر.

٤ شحن المراكم وبطاريات التليفون المحمول.

لذلك يتم تحويل التيار المتردد متغير الشدة والاتجاه إلى تيار موحد الاتجاه ثم إلى تيار مستمر ويطلق على هذه

تقويم التيار الكهربى المتردد

العملية تقويم التيار الكهربى المتردد،

تحويل التيار الكهربى المتردد الناتج من الدينامو إلى تيار موحد الاتجاه ثم إلى تيار مستمر فى الدائرة الخارجية.

ويتم ذلك بتحويل دينامو التيار المتردد إلى دينامو

تيار مستمر على مرحلتين :

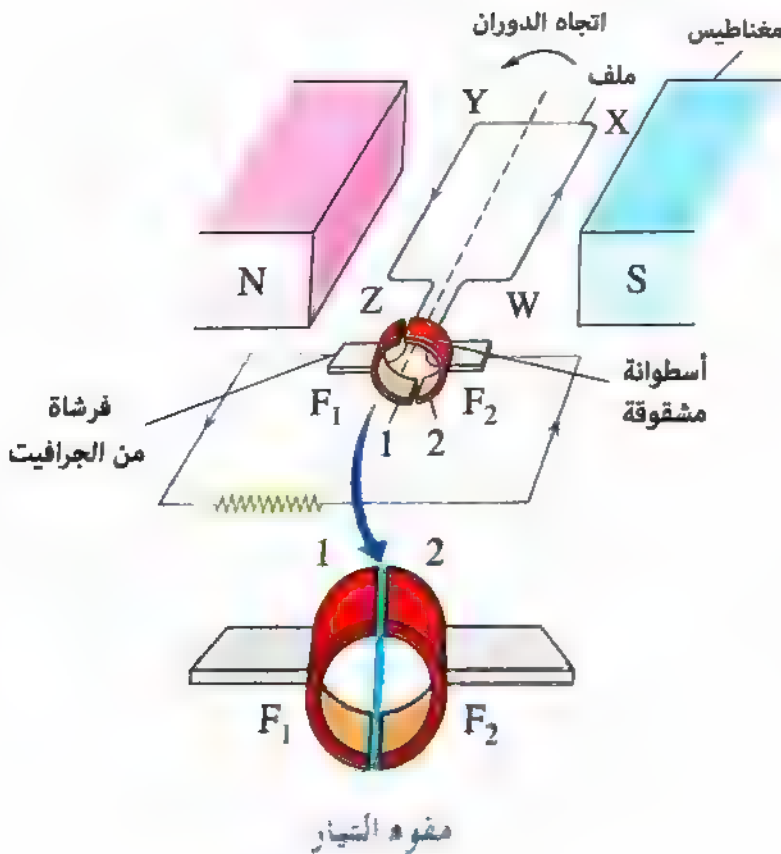
١ الحصول على تيار موحد الاتجاه متغير الشدة.

٢ الحصول على تيار موحد الاتجاه ثابت الشدة تقريباً (تيار مستمر تقريباً).

١ الحصول على تيار موحد الاتجاه متغير الشدة

عن طريق

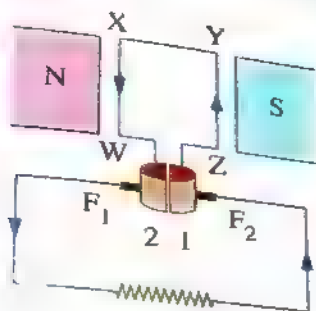
استبدال الحلقتين المعدنيتين فى دينامو التيار المتردد بمقوم تيار عبارة عن أسطوانة معدنية جوفاء مشقوقة طولياً إلى نصفين (1, 2) معزولين تماماً عن بعضهما بواسطة شق عازل، ويلامس نصفى الأسطوانة (1, 2) أثناء دورانهما فرشتان (F_1, F_2) ويراعى أن تلامس الفرشتان الشق العازل فى اللحظة التى يكون فيها مستوى الملف عمودياً على خطوط الفيض أى عندما تكون $(emf = 0)$.



شرح العمل

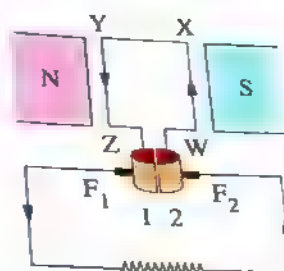
إذا بدأ الملف في الدوران في عكس اتجاه دوران عقارب الساعة فإنه :

خلال النصف الثاني من الدورة



تكون الفرشاة F_1 ملامسة لنصف الأسطوانة (2) فتعمل كقطب موجب، والفرشاة F_2 ملامسة لنصف الأسطوانة (1) فتعمل كقطب سالب.

خلال النصف الأول من الدورة



تكون الفرشاة F_1 ملامسة لنصف الأسطوانة (1) فتعمل كقطب موجب، والفرشاة F_2 ملامسة لنصف الأسطوانة (2) فتعمل كقطب سالب.

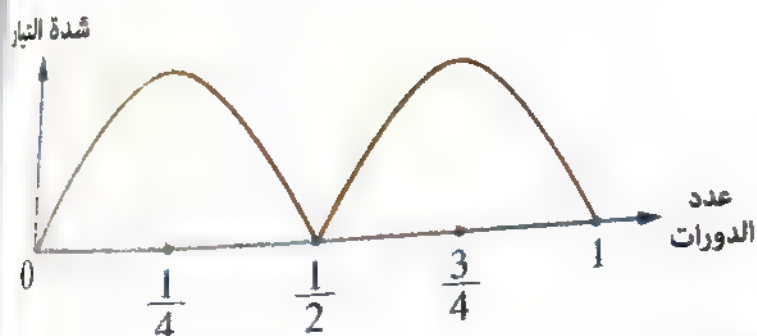
وبالتالي فإن التيار المتولد في الملف

يعكس اتجاهه ليمر في الاتجاه (ZYXW)

يمر في الاتجاه (WXYZ)

فيمر التيار في الدائرة الخارجية من الفرشاة F_1 إلى الفرشاة F_2

أى في نفس الاتجاه في الحالتين



مع استمرار الدوران تظل الفرشاة F_1

موجبة الجهد والفرشاة F_2 سالبة الجهد،

لذلك يكون التيار الكهربى والقوة الدافعة

الكهربية في الدائرة الخارجية موحدا الاتجاه

ولكن مقدارهما يتغير من الصفر إلى النهاية العظمى ثم إلى الصفر كل نصف دورة من دورات الملف (كما بالشكل).

٢ الحصول على تيار موحد الاتجاه ثابت الشدة تقريباً

في ديانامو التيار المتردد يتم استبدال :

١ الملف بعدة ملفات بينها زوايا صغيرة متساوية.

٢ الحلقتين المعدنيتين بأسطوانة معدنية مجوفة مشقوقة إلى

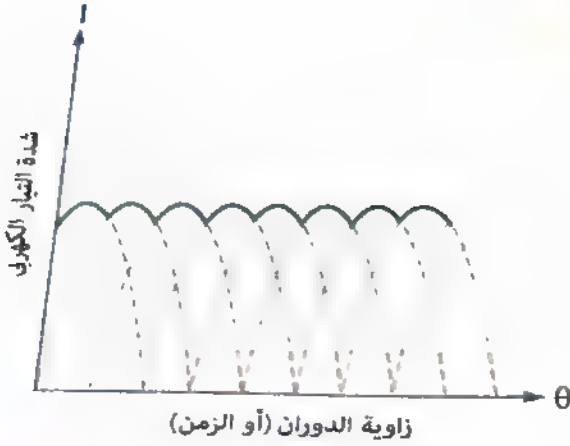
عدد من الأجزاء يساوى ضعف عدد الملفات،

حتى تلامس الفرشتان دائماً جزئى الأسطوانة

المتصلين بالملف الموازى لخطوط الفيض المغناطيسى

فتصبح قيمة التيار دائماً نهاية عظمى ويكون ثابت الشدة

تقريباً وبذلك نكون قد حصلنا على تيار مقوم.



٣ اختبر نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

عند استخدام مقوم معدنى بدلاً من الحلقتين المنزلقتين لدينامو تيار متردد يكون

التيار المتولد فى ملف الدينامو	التيار المار فى الدائرة الخارجية	
تيار متردد	تيار متردد	أ
تيار موحد الاتجاه	تيار موحد الاتجاه	ب
تيار متردد	تيار موحد الاتجاه	ج
تيار موحد الاتجاه	تيار متردد	د

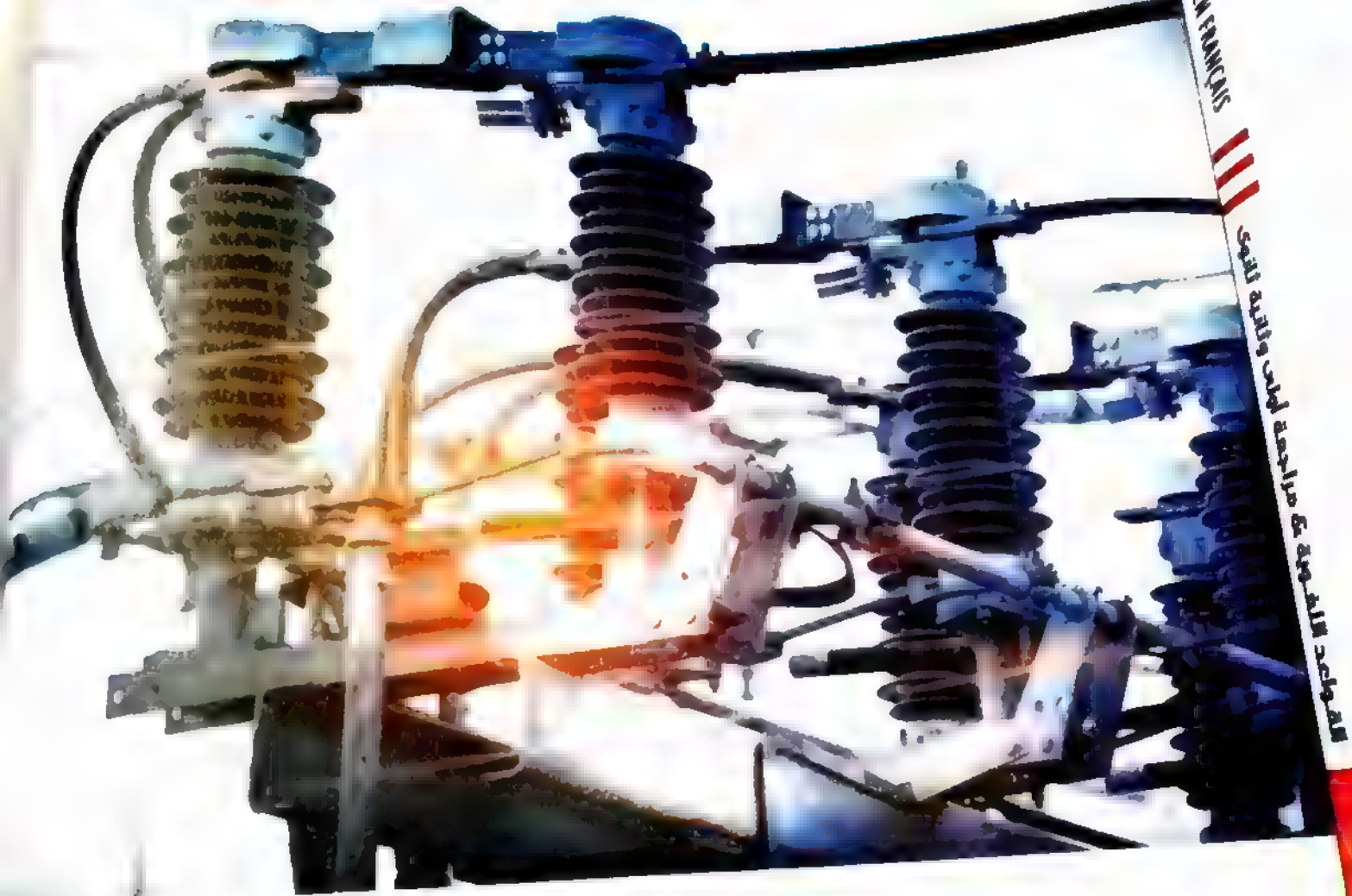
المحول الكهربائي المحرك الكهربائي

المجلد
3

الدرس الرابع

BRUNO EN FRANÇAIS

الجامعة المغربية مع مراجعة أستاذة الفيزياء



في هذا الدرس سوف نتعرف :

- المحول الكهربائي.
- محرك التيار الكهربائي المستمر [الموتور].

المحول الكهربائي Transformer

الاستخدام

- ١ رفع أو خفض الجهد الكهربائي المتردد.
- ٢ تقليل الفقد في الطاقة الكهربائية أثناء نقلها عبر أسلاك معدنية من محطات توليدها إلى أماكن استخدامها على مسافات بعيدة.
- ٣ يستخدم في بعض الأجهزة المنزلية كالأجراس والثلاجات.

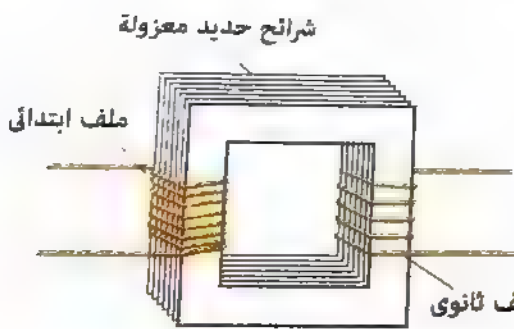
الأساس العلمي (فكرة العمل)

الحث المتبادل بين ملفين.

الأنواع

- ١ محولات رافعة للجهد تستخدم عند محطات التوليد.
- ٢ محولات خافضة للجهد تستخدم عند محطات التوزيع.

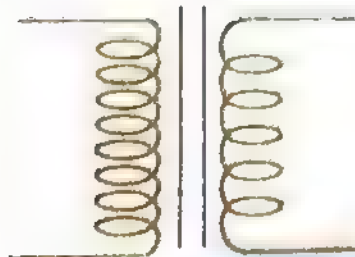
التركيب

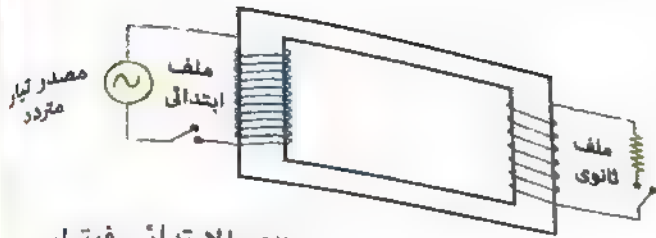


- ١ قلب من الحديد المطاوع السيليكوني على شكل شرائح رقيقة معزولة عن بعضها، لأن معامل النفاذية المغناطيسية للحديد كبير فيعمل على تركيز الفيض المغناطيسي ونظراً لأن المقاومة النوعية للحديد المطاوع السيليكوني كبيرة والقلب على شكل شرائح معزولة عن بعضها فتزداد مقاومته مما يحد من التيارات الدوامية ويقلل من الطاقة الكهربائية المفقودة.

- ٢ يلف حول القلب الحديدي ملفان (ابتدائي وثانوي) مصنوعان من أسلاك نحاسية، لصغر المقاومة النوعية للنحاس فتكون مقاومة الملفات صغيرة وتقل الطاقة المفقودة فيها على شكل حرارة وبالتالي تقل القدرة المفقودة في الأسلاك.

الرمز





شرح العمل

- يوصل الملف الابتدائي بمصدر التيار المتردد المراد رفع أو خفض جهده، ويوصل الملف الثانوي بالدائرة الكهربائية المراد إمدادها بقيمة معينة للجهد.
- عند غلق دائرة كل من الملف الابتدائي والملف الثانوي يمر تيار متردد في الملف الابتدائي فيتولد حول بداخله فيض مغناطيسي متغير يعمل القلب الحديدي على تركيزه ليقطع لفات الملف الثانوي.
- نتيجة التغير في الفيض المغناطيسي الناشئ عن الملف الابتدائي والقاطع للملف الثانوي تتولد emf مستحثة في الملف الثانوي لها نفس تردد تيار الملف الابتدائي.
- تكون قيمة emf المستحثة أكبر أو أقل من emf للمصدر حسب النسبة بين عدد لفات الملفين الثانوي والابتدائي.

استنتاج العلاقة بين القوتين الدافعتين الكهربيتين في ملفي المحول المثالي

- * بفرض وجود محول مثالي لا يحدث فيه فقد في الطاقة، فإذا كان جهد الملف الابتدائي V_p وعدد لفاته N_p والقوة الدافعة المستحثة المتولدة في الملف الثانوي V_s وعدد لفاته N_s ، فإنه :
- عند اتصال دائرة الملف الابتدائي مع مصدر متردد والإبقاء على دائرة الملف الثانوي مفتوحة تتولد بالحث الذاتي في الملف الابتدائي emf مستحثة عكسية تساوي تقريباً emf للمصدر، وبالتالي لا تستهلك قدرة كهربائية تذكر في دائرة الملف الابتدائي :

$$V_p = -N_p \frac{\Delta\phi_m}{\Delta t} \quad (1)$$

حيث : $\left(\frac{\Delta\phi_m}{\Delta t}\right)$ معدل تغير الفيض الذي يقطع الملف الابتدائي.

- عند غلق دائرة الملف الثانوي مع الإبقاء على دائرة الملف الابتدائي مغلقة يتولد بين طرفي الملف الثانوي قوة دافعة كهربائية مستحثة (V_s).
- وبفرض عدم وجود فقد في الفيض المغناطيسي، فإن معدل تغير الفيض الذي يقطع الملف الابتدائي = معدل تغير الفيض الذي يقطع الملف الثانوي.

$$V_s = -N_s \frac{\Delta\phi_m}{\Delta t} \quad (2)$$

بقسمة المعادلة (1) على المعادلة (2) :

$$\therefore \frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

فإذا كان

$N_p > N_s$ - تكون القوة الدافعة الكهربائية للملف الثانوي أقل من القوة الدافعة الكهربائية للملف الابتدائي ويكون المحول خافض للجهد.

$N_p < N_s$ - تكون القوة الدافعة الكهربائية للملف الثانوي أكبر من القوة الدافعة الكهربائية للملف الابتدائي ويكون المحول رافع للجهد.

استنتاج العلاقة بين شدتي التيارات في ملفي المحول المثالي

• بفرض عدم وجود فقد في الطاقة الكهربائية في المحول، فإنه تبعاً لقانون بقاء الطاقة :

الطاقة الكهربائية المستهلكة في الملف الابتدائي في زمن معين = الطاقة الكهربائية المتولدة في الملف الثانوي

$$V_p I_p t = V_s I_s t$$

في نفس الزمن

$$\therefore V_p I_p = V_s I_s$$

قدرة الدخل «الملف الابتدائي» = قدرة الخرج «الملف الثانوي»

أي أنه

$$\therefore \frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

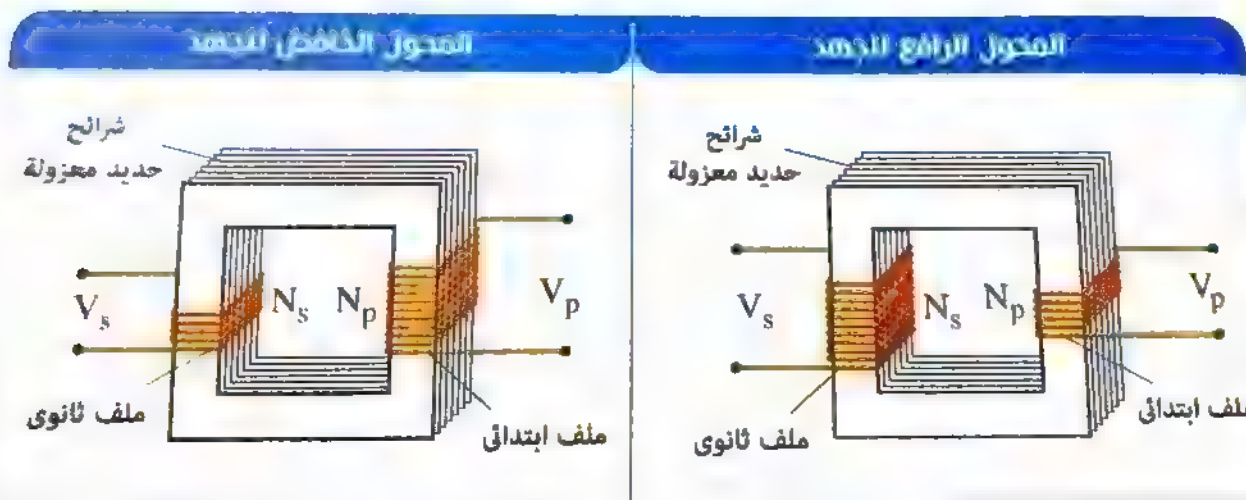
$$\therefore \frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

النسبة بين شدتي التيار في الملفين تساوي مقلوب النسبة بين عدد اللفات وكذلك مقلوب النسبة بين

أي أنه

القوتين الدافعتين الكهربيتين المتولدتين في الملفين.

• مما سبق يمكن المقارنة بين المحولين الراجع للجهد والخافض للجهد كالتالي :



الشكل

خفض الجهد الكهربى عند مناطق التوزيع

رفع الجهد الكهربى عند محطات التوليد

الاستخدام

$$N_p > N_s$$

$$N_s > N_p$$

عدد اللفات

$$V_p > V_s$$

$$V_s > V_p$$

القوة الدافعة الكهربائية

$$I_s > I_p$$

$$I_p > I_s$$

شدة التيار

ملاحظات

- * يعتبر المحول الخافض للجهد دافعاً للتيار بينما المحول الراجع للجهد خافضاً للتيار، لأن القدرة ثابتة، وبالتالي فإن فرق الجهد يتناسب عكسياً مع شدة التيار تبعاً للعلاقة:
- $$P_{in} = V I$$
- * عند غلق دائرة الملفين الابتدائي والثانوي لمحول كهربى يمر تيار كهربى فى دائرة الملف الابتدائى وتستهلك قدرة كهربية فيه.
- تولد emf مستحثة فى الملف الثانوى بالحث المتبادل** ينشأ عنها مرور تيار مستحث يولد فيض مغناطيسى يقطع الملف الابتدائى ويقاوم التغير فى الفيض المغناطيسى الناشئ عن الملف الابتدائى، وبالتالي تقل emf المستحثة العكسية فى الملف الابتدائى بالحث الذاتى مما يسمح بمرور التيار فيه وبالتالي تستهلك قدرة كهربية فيه.
- * لا يصلح المحول الكهربى لرفع أو خفض قوة دافعة كهربية مستمرة، لأن أساس عمل المحول الكهربى هو الحث المتبادل، والفيض المغناطيسى الناشئ عن التيار المستمر ثابت فلا تتولد emf مستحثة فى الملف الثانوى إلا لحظة غلق وفتح الدائرة.

32 اختبار نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

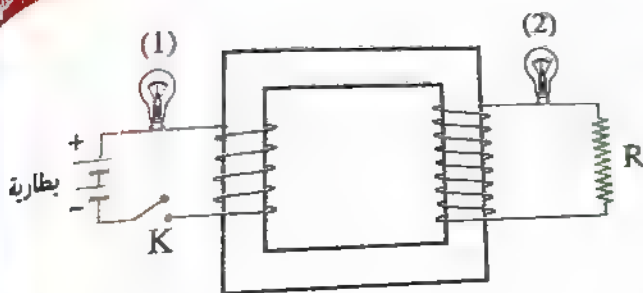
فى الشكل المقابل مصباحان (1) ، (2) يتصل أحدهما فى دائرة الملف الابتدائى، والآخر فى دائرة الملف الثانوى لمحول كهربى كما بالشكل عند غلق المفتاح K أى المصباحين يتوهج فتيلته باستمرار ؟

أ) المصباح (1)

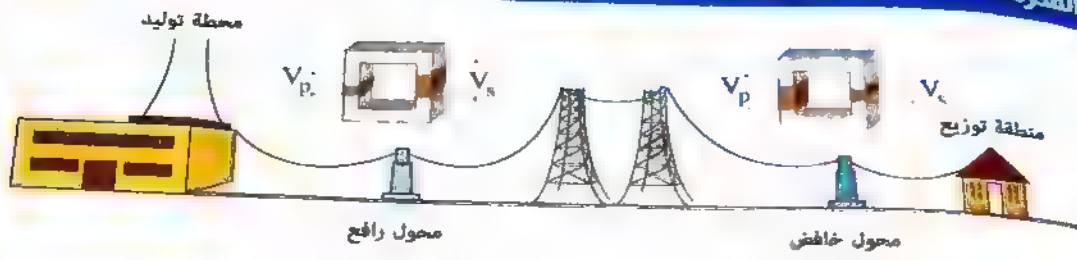
ب) المصباح (2)

ج) كلا المصباحين

د) ليس أى منهما



القدرة عند محطة التوليد وعند مناطق التوزيع



* عند محطة التوليد الكهربائية :

- يستخدم المحول الرافع للحد (خافض للتيار) حتى يتم رفع الجهد إلى قيمة عالية عند المحطة، وبالتالي تقل قيمة شدة التيار المار في أسلاك التوصيل إلى قيمة منخفضة جداً مما يقلل من الفقد في القدرة المستهلكة عبر الأسلاك، ويكون :

$$I_{eff}^2 R = \text{القدرة المفقودة في الأسلاك} , \quad I_{eff} R = \text{الهبوط في الجهد}$$

حيث : (R) مقاومة الأسلاك.

أي أن القدرة المستهلكة في أسلاك التوصيل تتناسب طردياً مع مربع شدة التيار.

- يساعد انخفاض شدة التيار الخارج من المحطة على نقله عبر أسلاك رفيعة بدلاً من كابلات سميكة وفي ذلك توفير في تكاليف النقل.

* عند مناطق التوزيع :

- يستخدم محول خافض للجهد (رافع للتيار) ليصبح فرق الجهد على الملف الثانوي مناسب لتشغيل الأجهزة الكهربائية المستخدمة في المنازل وتكون :

$$\text{القدرة عند المستهلك (مناطق التوزيع)} = \text{القدرة عند محطة التوليد} - \text{القدرة المفقودة في الأسلاك}$$

$$\text{كفاءة النقل} = \frac{\text{القدرة عند منطقة التوزيع}}{\text{قدرة محطة التوليد}} \times 100$$

مثال ١

محول كهربى خافض مثالى يراد استخدامه لتشغيل مصباح كهربى قدرته 24 W ويعمل بفرق جهد 12 V باستخدام مصدر كهربى متردد قوته الدافعة الكهربائية 240 V فإذا كان عدد لفات الملف الثانوى 480 لفة، احسب :

(أ) شدة التيار المار في الملف الثانوى.

(ب) عدد لفات الملف الابتدائى.

3 الحل

$$P_w = 24 \text{ W} \quad V_s = 12 \text{ V} \quad V_p = 240 \text{ V} \quad N_s = 480$$

$$I_s = ? \quad N_p = ?$$

$$P_w = V_s I_s$$

$$I_s = \frac{P_w}{V_s}$$

$$I_s = \frac{24}{12} = 2 \text{ A}$$

$$\frac{12}{240} = \frac{480}{N_p}$$

$$V_p = \frac{480 \times 240}{12} = 9600 \text{ V}$$

(1)

(ب)

مثال 2

نقلت قدرة كهربية مقدارها $4 \times 10^5 \text{ W}$ من محطة توليد إلى مصنع خلال خط نقل مقاومته 0.5Ω وكان الجهد عند محطة التوليد $2 \times 10^3 \text{ V}$ ، احسب:

(أ) القدرة المفقودة في الخط

(ب) الهبوط في الجهد.

(1) شدة التيار في الخط.

الحل

$$P_w = 4 \times 10^5 \text{ W} \quad R = 0.5 \Omega \quad V = 2 \times 10^3 \text{ V} \quad I = ?$$

القدرة المفقودة في الخط = ؟ الهبوط في الجهد = ؟

$$I = \frac{P_w}{V} = \frac{4 \times 10^5}{2 \times 10^3} = 2 \times 10^2 \text{ A}$$

(1)

$$\text{الهبوط في الجهد} = IR = 2 \times 10^2 \times 0.5 = 100 \text{ V}$$

(ب)

$$\text{القدرة المفقودة في الخط} = I^2 R = (2 \times 10^2)^2 \times 0.5 = 2 \times 10^4 \text{ W}$$

(ج)

33 اختر نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

عند نقل قدرة كهربية مقدارها 300 kW من محطة توليد إلى أحد المصانع خلال خط نقل مقاومته 0.8Ω ، فإذا كان الجهد عند المحطة 1200 V فإن

كفاءة النقل	الهبوط في الجهد	
78.67 %	200 V	(أ)
83.33 %	200 V	(ب)
78.67 %	400 V	(ج)
83.33 %	400 V	(د)

كفاءة المحول الكهربى

إذا لم يكن هناك فقد فى القدرة الكهربائية خلال المحول،
أو أى القدرة الكهربائية المتولدة فى الملف الثانوى تساوى القدرة الكهربائية المستهلكة فى الملف الابتدائى تكون كفاءة المحول 100%، ويطلق على هذا المحول صفة المحول المثالى ومثل هذا المحول غير موجود عملياً

كفاءة المحول الكهربى (η)

النسبة بين قدرة الملف الثانوى (الخرج) إلى قدرة الملف الابتدائى (الدخل).

النسبة بين الطاقة الكهربائية المتولدة فى الملف الثانوى إلى الطاقة الكهربائية المستهلكة فى الملف الابتدائى فى نفس الزمن.

$$\eta = \frac{(P_w)_s}{(P_w)_p} \times 100 = \frac{V_s I_s}{V_p I_p} \times 100 = \frac{V_s N_p}{V_p N_s} \times 100$$

* تتعين كفاءة المحول من العلاقة :

* أسباب فقد الطاقة الكهربائية فى المحول الكهربى وكيفية التقليل منها .

هفوية التقليل منها

أسباب فقد الطاقة فى المحول الكهربى

* صنع الملفات من أسلاك من النحاس حتى تكون مقاومتها أقل ما يمكن.	١ يتحول جزء من الطاقة الكهربائية فى الأسلاك إلى طاقة حرارية.
* صنع القلب الحديدى من شرائح رقيقة معزولة عن بعضها من الحديد المطاوع السيليكونى لكبر مقاومته النوعية.	٢ يتحول جزء من الطاقة الكهربائية فى القلب الحديدى إلى طاقة حرارية بسبب التيارات الدوامية.
* صنع القلب الحديدى من الحديد المطاوع السيليكونى لسهولة حركة جزيئاته المغناطيسية.	٣ يتحول جزء من الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية تستهلك فى تحريك الجزيئات المغناطيسية للقلب الحديدى.
* يلف الملف الثانوى حول الملف الابتدائى مع عزله عنه حول قلب من الحديد المطاوع السيليكونى.	٤ تسرب بعض خطوط الفيض فلا تقطع الملف الثانوى.

* العوامل التى تتوقف عليها كفاءة المحول الكهربى :



محول خافض للجهد يخفض الجهد الكهربى من 3400 V إلى 120 V وعدد لفات ملفه الابتدائى 4000 لفة، إذا علمت أن القدرة الناتجة من المحول 13500 W وكفاءة المحول 90%، اوجد :-
 (1) عدد لفات الملف الثانوى.
 (2) شدة التيار فى الملفين.

الحل

$V_p = 3400 \text{ V}$ $V_s = 120 \text{ V}$ $N_p = 4000$ $(P_w)_s = 13500 \text{ W}$ $\eta = 90\%$

$N_s = ?$ $I_s = ?$ $I_p = ?$

$$\eta = \frac{V_s N_p}{V_p N_s} \times 100$$

(1)

$$90 = \frac{120 \times 4000}{3400 \times N_s} \times 100 \quad \therefore N_s = 222.22 \text{ لفة}$$

$$(P_w)_s = V_s I_s \quad \therefore I_s = \frac{(P_w)_s}{V_s} = \frac{13500}{120} = 112.5 \text{ A}$$

(2)

$$\frac{N_s}{N_p} = \frac{I_p}{I_s} \quad \therefore I_p = \frac{N_s I_s}{N_p} = \frac{222.22 \times 112.5}{4000} = 6.25 \text{ A}$$

إرشاد

* فى حالة محول مثالى له ملفان ثانويان فإن :

- عند تشغيل كل جهاز على حدة :

$$\frac{V_p}{(V_s)_1} = \frac{N_p}{(N_s)_1}$$

$$\frac{V_p}{(V_s)_2} = \frac{N_p}{(N_s)_2}$$

$$(P_w)_p = (P_w)_{s1} + (P_w)_{s2}$$

$$V_p I_p = (V_s)_1 (I_s)_1 + (V_s)_2 (I_s)_2$$

مثال

محصول كهربى مثالى عدد لفات ملفه الابتدائى 200 لفة ويعمل على تيار متردد قوته الداهعة الكهربائية الفعالة 200 V فإذا كان للمحول ملفان ثانويان لتشغيل جهازين الأول راديو (0.5 A , 12 V) والثانى كشاف (1.2 A , 80 V). احسب

(أ) عدد لفات الملفين الثانويين.

(ب) شدة التيار المار فى الملف الابتدائى عند تشغيل الجهازين معاً فى نفس الوقت.

الحل:

$$N_p = 200 \quad V_p = 200 \text{ V} \quad (I_s)_1 = 0.5 \text{ A} \quad (V_s)_1 = 12 \text{ V} \quad (I_s)_2 = 1.2 \text{ A} \quad (V_s)_2 = 80 \text{ V}$$

$$(N_s)_1 = ? \quad (N_s)_2 = ? \quad I_p = ?$$

$$\frac{V_p}{(V_s)_1} = \frac{N_p}{(N_s)_1}$$

(1)

$$\frac{200}{12} = \frac{200}{(N_s)_1}$$

$$(N_s)_1 = 12 \text{ لفة}$$

$$\frac{V_p}{(V_s)_2} = \frac{N_p}{(N_s)_2}$$

$$\frac{200}{80} = \frac{200}{(N_s)_2}$$

$$(N_s)_2 = 80 \text{ لفة}$$

$$(P_w)_p = (P_w)_{s1} + (P_w)_{s2}$$

(2)

$$V_p I_p = (V_s)_1 (I_s)_1 + (V_s)_2 (I_s)_2$$

$$200 I_p = (12 \times 0.5) + (80 \times 1.2)$$

$$I_p = 0.51 \text{ A}$$

$$\eta (P_w)_p = (P_w)_s \times 100$$

الارشاد : إذا كان المحول غير مثالي $(P_w)_p > (P_w)_s$ فإنه في حالة وجود :

$$\eta = \frac{V_s I_s}{V_p I_p} \times 100 = \frac{V_s N_p}{V_p N_s} \times 100$$

- ملف ثانوى واحد :

$$\eta (P_w)_p = ((P_w)_{s1} + (P_w)_{s2}) \times 100$$

- ملفين ثانويين :

مثال

محول كهربى خافض للجهد كفاءته 80% وجهد ملفه الابتدائى 150 V وجهد ملفه الثانوى 8 V ، فإذا كانت شدة التيار فى الملف الابتدائى 0.25 A وعدد لفات الملف الثانوى 70 لفة، فما شدة التيار فى الملف الثانوى وعدد لفات الملف الابتدائى ؟

الحل :

$$\eta = 80\% \quad V_p = 150 \text{ V} \quad V_s = 8 \text{ V} \quad I_p = 0.25 \text{ A} \quad N_s = 70$$

$$I_s = ? \quad N_p = ?$$

$$\eta = \frac{V_s I_s}{V_p I_p} \times 100$$

$$I_s = \frac{\eta V_p I_p}{V_s \times 100} = \frac{80 \times 150 \times 0.25}{8 \times 100} = 3.75 \text{ A}$$

$$\eta = \frac{V_s N_p}{V_p N_s} \times 100$$

$$N_p = \frac{\eta V_p N_s}{V_s \times 100} = \frac{80 \times 150 \times 70}{8 \times 100} = 1050 \text{ لفة}$$

متار، عها

اختبر نفسك

لنتر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

محول يستخدم لرفع الجهد الكهربى من 200 V إلى 430 V والتيار المار فى ملفه الابتدائى 0.5 A

والتيار المار فى ملفه الثانوى 0.2 A، فإن كفاءة هذا المحول تساوى

- 75% (أ)
86% (ب)
80% (ج)
100% (د)

الشكل البيانى المقابل يمثل العلاقة بين قدرة الملف

الثانوى $(P_w)_s$ وقدرة الملف الابتدائى $(P_w)_p$ لمحول

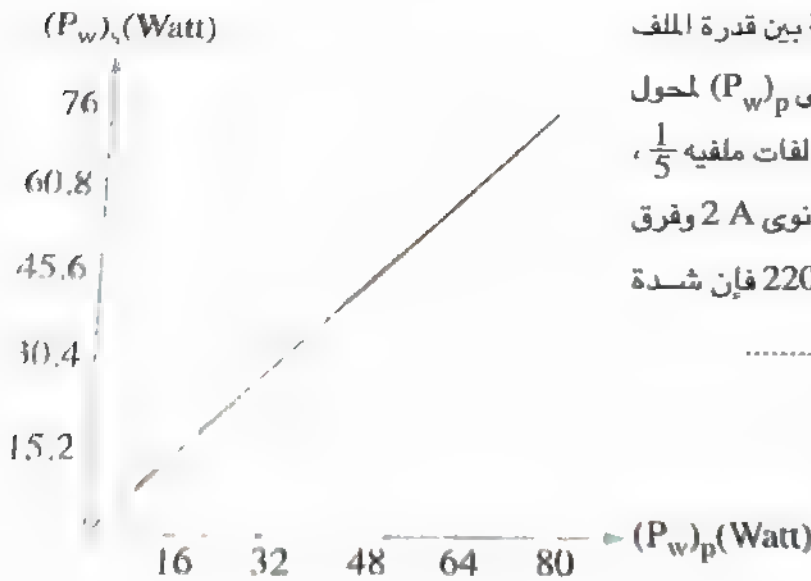
كهربى خافض للجهد النسبة بين عدد لفات ملفيه $\frac{1}{5}$ ،

فإذا كانت شدة التيار فى الملف الثانوى 2 A وفرق

الجهد بين طرفى الملف الابتدائى 220 V فإن شدة

التيار فى الملف الابتدائى تساوى

- 0.1 A (أ)
0.2 A (ب)
0.3 A (ج)
0.4 A (د)



الشكل المقابل يعبر عن محول غير مثالى له ملفان

ثانويان يعملان معاً، فإذا كان $(P_w)_p = 100 W$ ،

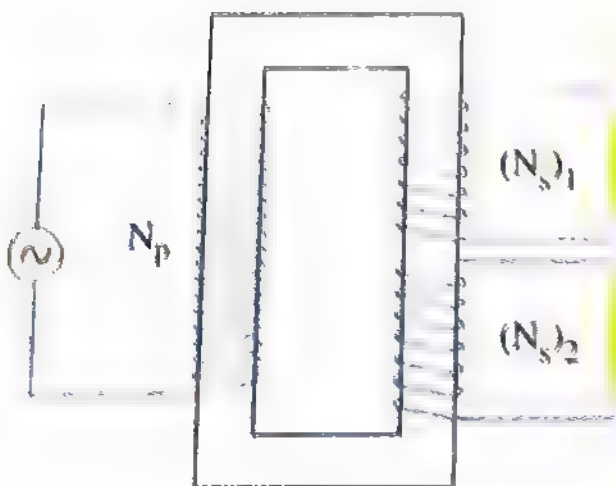
$(P_w)_{s1} = 50 W$ فإن

$(P_w)_{s2} = 50 W$ (أ)

$100 W > (P_w)_{s2} > 50 W$ (ب)

$(P_w)_{s2} < 50 W$ (ج)

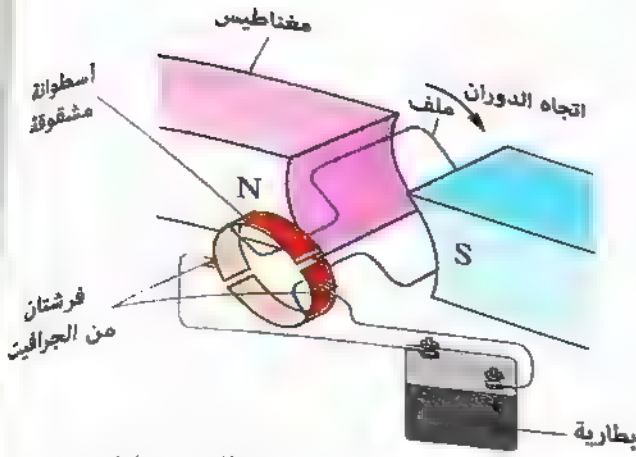
$(P_w)_{s2} > 100 W$ (د)



الاستخدام تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية (حركية).

التركيب

- ١ قلب من الحديد المطاوع، مكون من أقراص رقيقة معزولة عن بعضها، للحد من التيارات الدوامية.
- ٢ ملف مستطيل، يتكون من عدد كبير من لفات سلك نحاس معزول ملفوف حول القلب الحديدى بحيث يكون قابل للدوران حول محور عمودى على المجال.
- ٣ مغناطيس قوى على شكل حذاء الفرس، يدور الملف والقلب الحديدى بين قطبيه.
- ٤ أسطوانة معدنية مشقوقة بالطول إلى نصفين معزولين عن بعضهما متصلين بطرفى الملف وقابلين للدوران حول نفس محور دوران الملف.
- ٥ فرشتان من الجرافيت تلامس كل منهما أحد نصفي الأسطوانة المعدنية.
- ٦ بطارية يوصل قطبيها بالفرشتين عند تشغيل المحرك الكهربى.



بطارية

الأساس العلمى (فكرة العمل)

الفكرة

عزم الازدواج الناتج عن مرور تيار كهربى فى ملف قابل للدوران فى مجال مغناطيسى.

الشرح

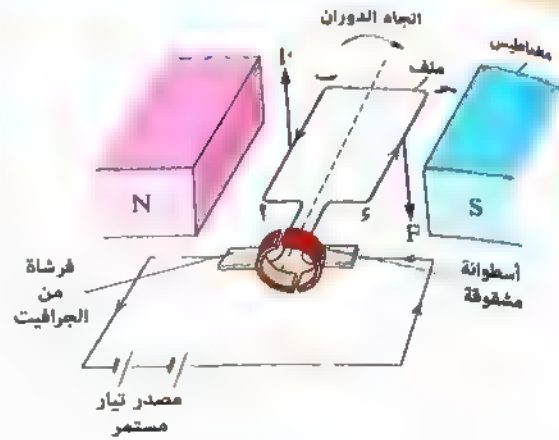
عند مرور تيار كهربى فى الملف تتولد على الضلعين الطويلين له قوتان متوازيتان ومتساويتان فى المقدار ومتضادتان فى الاتجاه فينشأ عنهما ازدواج كل نصف دورة يدير الملف حول محوره ويغير نصفاً الأسطوانة المعدنية موضعيهما بالنسبة للفرشتين كل نصف دوره، ويترتب على ذلك أن التيار الكهربى المار فى ملف المحرك الكهربى ينعكس اتجاهه فى الملف كل نصف دورة ليصبح عزم الازدواج فى كل لحظة فى اتجاه واحد.

ملاحظة

* فكرة عمل المحرك الكهربى هى نفسها فكرة عمل الجلفانومتر ذى الملف المتحرك، الاختلاف بينهما أن ملف المحرك الكهربى يجب أن يدور باستمرار فى نفس الاتجاه فتصميم المحرك الكهربى يفتضى أن يعبر نصفاً الأسطوانة المعدنية موضعيهما بالنسبة للفرشتين كل نصف دورة ويترتب على هذا أن التيار الكهربى المار فى ملف المحرك ينعكس اتجاهه فى الملف كل نصف دورة. بينما فى الجلفانومتر يعبر اتجاه عزم الازدواج المؤثر على الملف بتغير اتجاه مرور التيار فى ملفه.

شرح عمل الموتر خلال دورة كاملة

في النصف الأول من الدورة



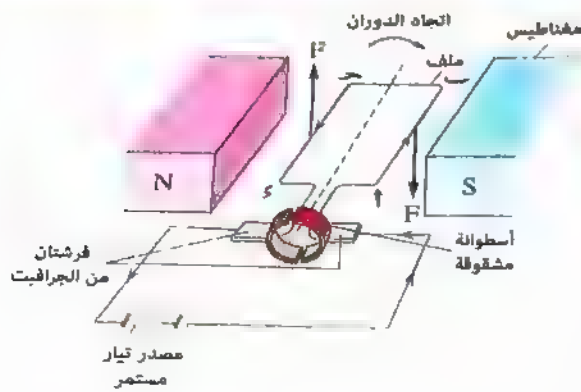
- عندما يكون مستوى الملف موازياً للفيض تلامس فرشتا الجرافيت نصفى الأسطوانة فيمر تيار فى الملف وتتولد قوتان مغناطيسيتان عموديتان على ضلعى الملف (أ، ب، جـ) فى اتجاهين متضادين ينتج عنهما عزم ازدواج يسبب دوران الملف (كما بالشكل).

- مع استمرار دوران الملف يقل عزم الازدواج تدريجياً حتى ينعدم عندما يصبح مستوى الملف عمودياً على الفيض فتلامس الفرشتان المادة العازلة وينقطع التيار إلا أن الملف يستمر فى الدوران.

السبب

القصور الذاتى ليعبر الوضع العمودى وفى تلك اللحظة يتبدل وضع الأسطوانة بالنسبة للفرشتين ويسعكس اتجاه التيار ثم يزداد عزم الازدواج تدريجياً مرة أخرى حتى يصل لقيمته العظمى عندما يصل الملف للوضع الموازى.

في النصف الثاني من الدورة



- يصبح مستوى الملف موازياً للفيض مرة أخرى ويكون نصفا الأسطوانة قد تبادلا موضعيهما مع الفرشتين وانعكس اتجاه التيار المار فى الملف ويكون عزم الازدواج قيمة عظمى يعمل على استمرار دوران الملف فى نفس الاتجاه الدائرى السابق.

- مع استمرار دوران الملف يقل عزم الازدواج تدريجياً حتى ينعدم عندما يكون مستوى الملف عمودياً على خطوط الفيض مرة أخرى ويستمر الملف فى الدوران.

القصور الذاتى حتى يكمل دورته ويصبح موازياً للفيض ويتكرر ذلك كل دورة كاملة للملف.

القوة الدافعة الكهربائية العكسية في الموتور
تتولد قوة دافعة كهربية مستحثة عكسية في ملف الموتور أثناء دورانه بسبب قطعه لخطوط الفيض المغناطيسي تعمل هذه القوة الدافعة المستحثة على انتظام سرعة دوران الملف.

كيفية زيادة كفاءة دوران المحرك الكهربى
1 استخدام مجموعة من الملفات بينها زوايا صغيرة متساوية مع تقسيم الأسطوانة المعدنية إلى عدد من الأجزاء يساوى ضعف عدد الملفات،

للاحتفاظ بعزم دوران ثابت عند النهاية العظمى حيث يتواجد دائماً ملف موازياً للفيض المغناطيسى فينتشر بتكبر عزم ازدواج وهكذا تدور الملفات بسرعة أكبر.

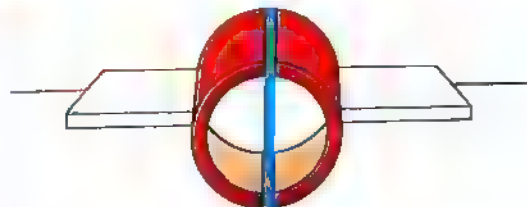
2 استخدام مغناطيس على شكل حذاء الفرس مقعر القطبين.

العوامل التى تتوقف عليها قدرة الموتور الكهربى :



35 اختبر نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :



1 الشكل المقابل يمثل أحد أوضاع الأسطوانة المعدنية المشقوقة بالنسبة لفرشتى الجرافيت فى الموتور، فيكون مقدار عزم الازدواج المتولد فى هذا الوضع

أ قيمة عظمى

ب $\frac{1}{2}$ القيمة العظمى

ج $\frac{2}{3}$ القيمة العظمى

د صفر

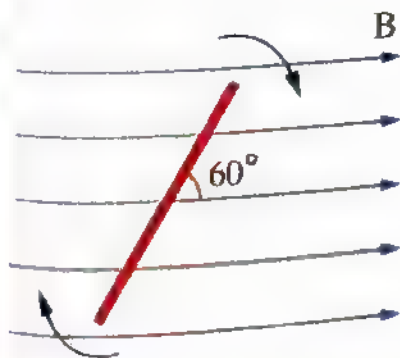
2 الشكل المقابل يمثل ملف موتور يدور من هذا الوضع مع عقارب الساعة فإن اللحظة التى ينعدم فيها التيار المار فى الملف تكون بعد دوران الملف من هذا الوضع زاوية قدرها

أ 60°

ب 90°

ج 120°

د 150°



• مما سبق يمكن تلخيص تركيب واستخدام كل من مولد التيار الكهربى المتعدد والمحول الكهربى والمحرك الكهربى كالتالى :

التركيب	الاستخدام
<ul style="list-style-type: none"> * مغناطيس ثابت (دائم أو كهربى). * ملف يتكون من لغة واحدة أو عدة لغات موضوع بحيث يكون قابل للدوران حول محور عمودى على المجال. * حلقتا اسلاق معدنيتان متصلان بهائيسى الملف وتدوران مع دوران الملف. * فرشستان من الجرافيت تلامس كل منهما إحدى الحلقتين المنزلقتين. 	<p>مولد التيار الكهربى المتعدد (الدينامو)</p> <p>تحويل الطاقة الميكانيكية (الحركية) إلى طاقة كهربية</p>
<ul style="list-style-type: none"> * قلب من الحديد المطاوع السيليكونى على شكل شرائح رقيقة معزولة عن بعضها. * ملفان (ابتدائى وثانوى) مصنوعان من أسلاك نحاسية وملفوفان حول قلب الحديد. 	<p>المحول الكهربى</p> <ul style="list-style-type: none"> * رفع أو خفض الجهد الكهربى المتعدد. * تقليل الفقد فى الطاقة الكهربائية أثناء نقلها عبر أسلاك معدنية من محطات توليدها إلى أماكن استخدامها على مسافات بعيدة. * فى بعض الأجهزة المنزلية كالأجراس والثلاجات.
<ul style="list-style-type: none"> * قلب من الحديد المطاوع مكون من شرائح رقيقة معزولة عن بعضها. * ملف مستطيل يتكون من عدد كبير من لغات سلك نحاس معزول ملفوف حول القلب الحديدى بحيث يكون قابل للدوران حول محور عمودى على المجال. * مغناطيس قوى على شكل حذاء الفرس قطبيه مقعرين، يدور الملف والقلب الحديدى بين قطبيه. * أسطوانة معدنية مشقوقة بالطول إلى نصفين معزولين عن بعضهما متصلين بطرفى الملف وقابلين للدوران حول نفس محور دوران الملف. * فرشستان من الجرافيت تلامس كل منهما أحد نصفى الأسطوانة المعدنية. * بطارية يوصل قطبيها بالفرشتتين. 	<p>تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية (حركية)</p> <p>المحرك الكهربى (الموتور)</p>

4

الجزء الأول

- في هذا الجزء
- ◀ خصائص
 - ◀ الأميتر
 - ◀ دائرة تيار
 - ◀ دائرة تيار
 - ◀ المكثف
 - ◀ دائرة تيار

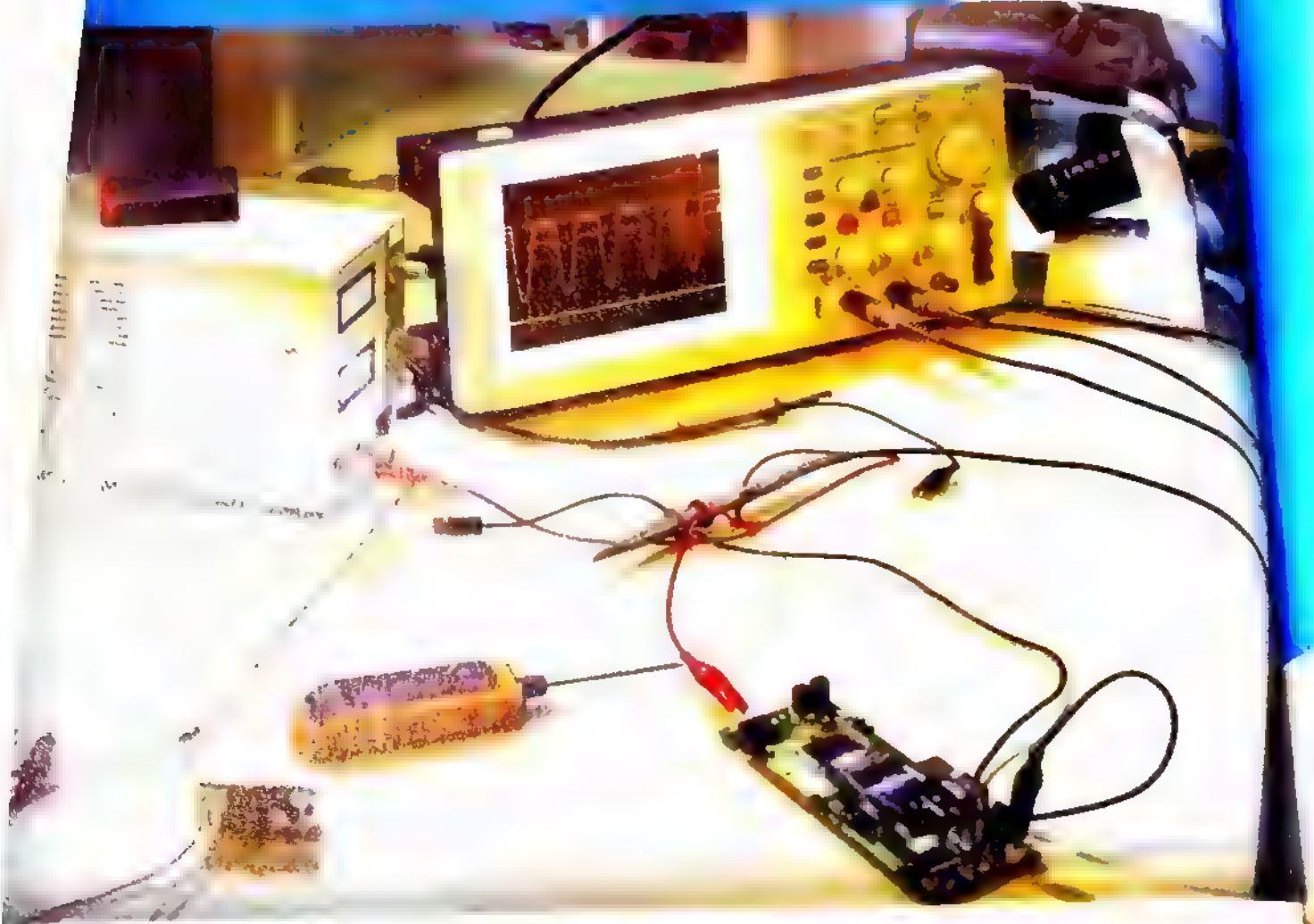
الجزء الثاني

4

BRANDI EN FRANCAIS



دوائر التيار المتردد



في هذا الدرس سوف نتعرف :

« خصائص التيار المتردد.

« الأميتر الحراري.

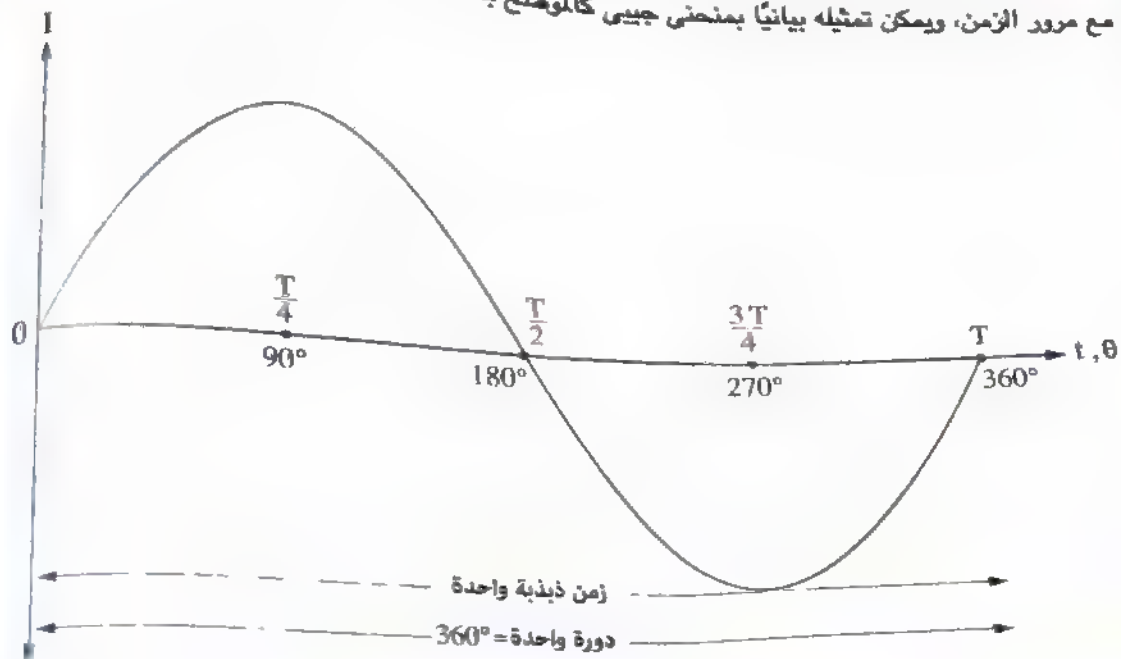
« دائرة تيار متردد تحتوي على مقاومة أومية.

« دائرة تيار متردد تحتوي على ملف حث مهملة المقاومة الأومية.

« المكثف الكهربائي.

« دائرة تيار متردد تحتوي على مكثف.

* نرسم في الفصل السابق كيفية استخدام الدينامو للحصول على تيار متردد يتغير كل من شدته واتجاهه بمرور الزمن، ويمكن تمثيله بيانياً بمنحنى جيبي كالوضح بالشكل :



أما قيمة واتجاه كل من شدة التيار المتردد والقوة الدافعة الكهربائية تتغير تبعاً للعلاقين

$$V = V_{\max} \sin \theta \quad , \quad I = I_{\max} \sin \theta$$

خصائص التيار المتردد

- ١ يمكن رفع أو خفض القوة الدافعة الكهربائية للتيار المتردد حسب الحاجة وذلك باستخدام المحولات الكهربائية
- ٢ يمكن نقل الطاقة الكهربائية لمسافات بعيدة من مصادر التوليد إلى أماكن الاستهلاك عبر الأسلاك دون فقد يذكر في الطاقة الكهربائية وذلك بعد رفع جهدا باستخدام المحولات.
- ٣ يمكن تحويله لتيار مستمر (تقويمه).
- ٤ يصلح لبعض الأغراض مثل الإضاءة والتسخين ولكنه لا يصلح لأغراض أخرى كالتحليل الكهربائي والطلاء بالكهرباء حيث يستخدم التيار المستمر.
- ٥ له أثر حراري عند مروره في مقاومة أومية ولا يتوقف هذا الأثر على اتجاه التيار.

الأميتر الحرارى Hot Wire Ammeter

تعتمد فكرة عمل الأميتر ذو الملف المحرك على عزم الازدواج المؤثر على ملفه والناشئ عن المجال المغناطيسى المنتظم (ثابت الشدة والاتجاه) الناتج عن مرور التيار الكهربى فى الملف وحدث إن المجال الناشئ عن مرور التيار المتردد يكون متغير الشدة والاتجاه فينعبر اتجاه عزم الازدواج كل نصف دورة ويمنع القصور الذاتى للملف الاستجابة لهذا التغير، وبالتالي لا يصلح هذا الجهاز فى قياس القيمة الفعالة للتيار المتردد، لذلك يعتمد قياس القيمة الفعالة للتيار المتردد على التأثير الحرارى له وهى خاصية لا تعتمد على اتجاه التيار، ولذلك يستخدم الأميتر الحرارى فى قياس شدة التيار المتردد.

الاستخدام

قياس القيمة الفعالة لشدة التيار المتردد وقياس شدة التيار المستمر.

الأساس العلمى (فكرة العمل)

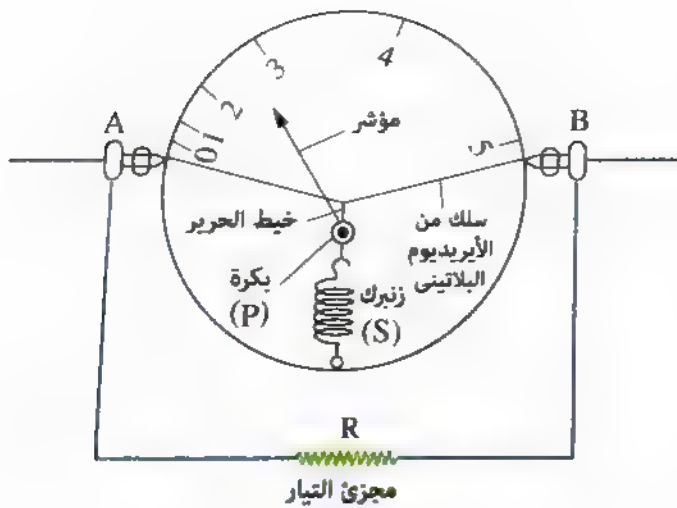
- الفكرة : التأثير الحرارى للتيار الكهربى.

- الشرح : يولد التيار الكهربى (المتردد أو المستمر) عند مروره فى مقاومة أومية (سلك الأيريدىوم والبلاتين) لفترة زمنية معينة كمية من الحرارة يتوقف مقدارها على القيمة الفعالة للتيار المار.

اتوصيل فى الدائرة الكهربائية

يوصل الأميتر الحرارى على التوالى فى الدائرة الكهربائية، حتى يمر به التيار المراد قياس قيمته الفعالة.

التركيب



1 مسمارين A ، B يشد بينهما سلك رفيع ويصنع هذا السلك من سبيكة الأيريدىوم والبلاتين **حتى** يسخن السلك ويتمدد بمقدار محسوس عند مرور تيار كهربى فيه.

2 يتصل السلك من منتصفه بطرف خيط حرير يلف لفة واحدة حول بكره (P).

3 يشد الخيط الحريرى بواسطة زنبرك (S) مثبت من طرفه الآخر بحيث يكون الخيط الحريرى مشدود دائماً.

4 يثبت على البكره مؤشر يتحرك طرفه على تدريج غير منتظم لقياس القيمة الفعالة للتيار.

5 يوصل سلك الأيريدىوم والبلاتين على التوازي بمقاومة R صغيرة جداً، **حتى** تعمل كمجزئ للتيار فيمر بسلك الأيريدىوم والبلاتين تيار كهربى مناسب مما يسمح بزيادة مدى الجهاز والتقليل من المقاومة الكلية للأميتر، وبالتالي لا تؤثر على المقاومة الكلية للدائرة أو القيمة الفعالة للتيار المار بها عند توصيل الجهاز فى الدائرة.

شرح العمل : عند مرور التيار الكهربى المراد قياس قيمته الفعالة فى سلك الأيريديوم البلاتينى تتولد فيه كمية من الحرارة

- ١ عند مرور التيار الكهربى المراد قياس قيمته الفعالة فى سلك الأيريديوم البلاتينى تتولد فيه كمية من الحرارة فيسخن السلك ويمتد ويرتضى.
- ٢ يقوم خيط الحرير بشد السلك فتدور البكرة ويتحرك المؤشر على التدريج.
- ٣ تؤخذ قراءة التدريج عند ثبات المؤشر وذلك عندما تتساوى كمية الحرارة المتولدة فى السلك فى زمن معين مع كمية الحرارة المفقودة منه فى نفس الزمن فتثبت درجة حرارته ويقف تمدده فيثبت المؤشر على قراءة تعبر عن القيمة الفعالة للتيار المتردد.
- ٤ عند قطع التيار عن الدائرة يبرد السلك تدريجياً وينكمش فيجذب خيط الحرير ليعود المؤشر ببطء لصفر التدريج.

العيوب

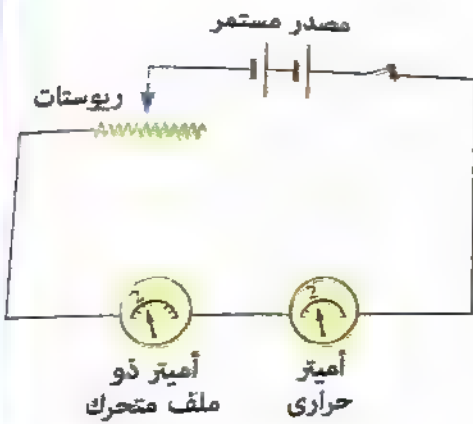
- ١ عند مرور تيار كهربى فى الجهاز يتحرك مؤشره ببطء حتى يثبت وعند قطع التيار عنه يعود إلى الصفر ببطء.
- ٢ يتأثر سلك الأيريديوم البلاتينى بحرارة الجو ارتفاعاً وانخفاضاً وذلك يسبب خطأ فى دلالة الأميتر يسمى الخطأ الصفري، وللتغلب على هذا العيب يشد السلك على لوحة من مادة لها نفس معامل تمدد مادة السلك مع عزلها.

طريقة المعايرة

يمكن معايرة الأميتر الحرارى عن طريق توصيله بمصدر تيار مستمر وريوستات وأميتر ذو ملف متحرك كما بالشكل المقابل، بحيث :

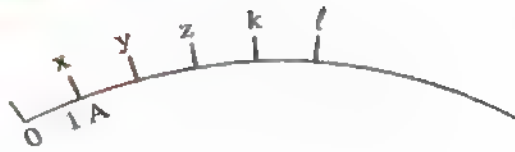
- ١ عندما يمر تيار معين فى الدائرة فإن مؤشر كل من الأميتر الحرارى والأميتر ذو الملف المتحرك يشير إلى قيمة هذا التيار، تؤخذ قراءة مؤشر الأميتر ذو الملف المتحرك وتسجل على الموضع الذى يشير إليه مؤشر الأميتر الحرارى.

- ٢ تكرر العملية السابقة لقيم مختلفة لشدة التيار وذلك من خلال تغيير المقاومة المأخوذة من الريوستات حتى يكتمل تدريج الأميتر الحرارى.



ملاحظة

* تدريج الأميتر الحرارى غير منتظم وأقسامه ليست متساوية بل يزداد اتساعها كلما زادت شدة التيار لأن كمية الحرارة المتولدة فى السلك خلال زمن معين تتناسب طردياً مع مربع شدة التيار المار به (I^2) .



اختبر نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

الشكل المقابل يوضح أقسام متساوية على تدريج أميتر حرارى إذا كانت القيمة 1 A عند الموضع x، أين يتم وضع القيمة 2 A على تدريج الأميتر ؟

- أ) عند الموضع y
- ب) عند الموضع z
- ج) عند الموضع k
- د) عند الموضع l

وما سبق يمكن المقارنة بين الأميتر الحرارى و الأميتر ذو الملف المتحرك كالتالى :

الأميتر ذو الملف المتحرك	الأميتر الحرارى	فكرة العمل (سبب حركة المؤشر على التدريج)
التأثير المغناطيسى للتيار الكهربى (عزم الازدواج المؤثر على ملف موضوع فى مجال مغناطيسى عند مرور تيار كهربى فيه)	التأثير الحرارى للتيار الكهربى (تمدد سلك الأيريديوم البلاتينى نتيجة مرور التيار الكهربى فيه)	
قياس شدة التيار المستمر فقط	قياس شدة التيار المستمر والقيمة الفعالة للتيار المتردد	الاستخدام
منتظم	غير منتظم	التدريج
لا تتأثر قراءته بدرجة حرارة الجو المحيط	تتأثر قراءته بدرجة حرارة الجو المحيط	التأثر بدرجة حرارة الجو
يتحرك بسرعة عند إمرار التيار أو عند انقطاعه	يتحرك ببطء عند إمرار التيار أو عند انقطاعه	حركة المؤشر
عزم الازدواج المغناطيسى المؤثر على ملف الجلفانومتر = عزم اللى المتولد على الملفين الزنبركيين	كمية الحرارة المتولدة فى السلك فى زمن معين = كمية الحرارة المفقودة منه فى نفس الزمن	شرط اتزان المؤشر

دوائر التيار المتردد (AC Circuits)



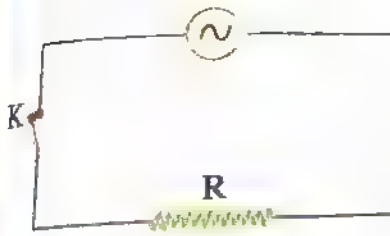
دائرة تيار متردد تحتوي على مقاومة أومية R

* عند توصيل مقاومة أومية ومصدر تيار متردد ومفتاح على التوالي كما بالشكل التالي فإنه :
- عند غلق الدائرة يكون فرق الجهد بين طرفي المقاومة (R) :

$$V = V_{\max} \sin \theta = V_{\max} \sin \omega t$$

(1)

مصدر تيار متردد



حيث : (V) القيمة اللحظية لفرق الجهد،

(V_{max}) القيمة العظمى لفرق الجهد،

(θ) زاوية الطور (θ = ωt)،

(ω) السرعة الزاوية (ω = 2 πf).

- طبقاً لقانون أوم تتعين شدة التيار اللحظية من العلاقة :

$$I = \frac{V}{R}$$

$$\therefore I = \frac{V_{\max}}{R} \sin \omega t$$

(2)

$$\therefore I = I_{\max} \sin \omega t$$

معادلة المعادلتين (1) ، (2) ، نجد ان

فرق الجهد وشدة التيار في مقاومة أومية عندما الحد مازدا،
فيمثلها معاً حتى يصلنا إلى القيمة العظمى ثم ينحني للصفر

مقا

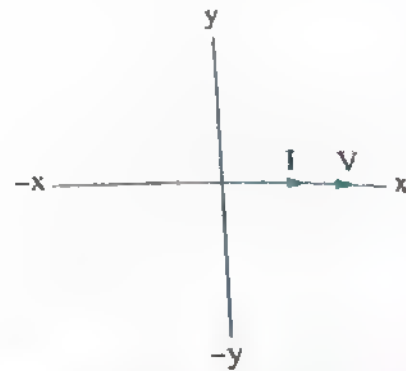
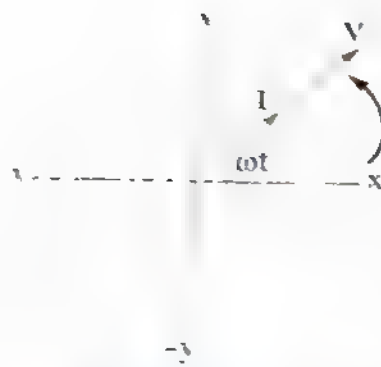
أو θ الجهد والتيار متفان في الطور كما

هو موضح بالشكل البياني المقابل.

يمكن تمثيل التيار وفرق الجهد في مقاومة

عديمة الحد بمتجهين لهما نفس الاتجاه كما

في الشكلين التاليين



ثانياً دائرة تيار متردد تحتوي على ملف حث مهمل المقاومة الأومية L

عند توصيل ملف حث عديم المقاومة الأومية معامل

حثه الذاتي L ومصدر تيار متردد ومفتاح على

التوالي (كما بالشكل) يتولد في الملف قوة دافعة

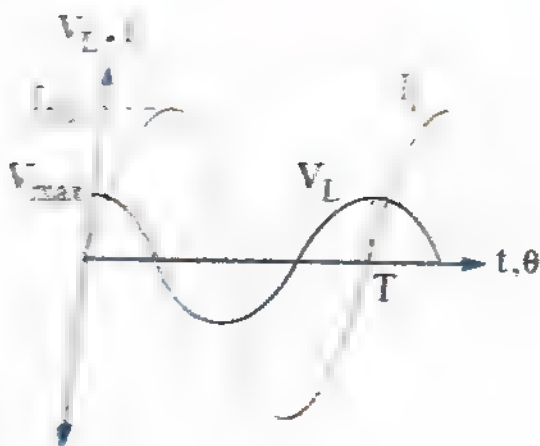
كهربية مستحثة تحسب قيمتها من العلاقة

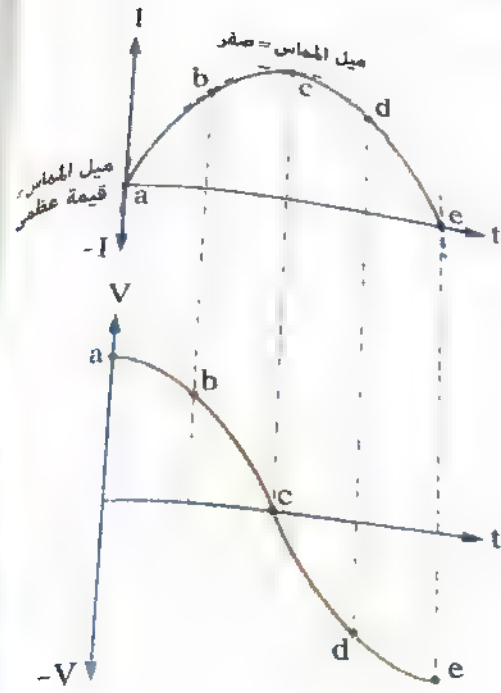
$$(V_L = L \frac{\Delta I_L}{\Delta t}) \text{ وتبعاً للعلاقة } (I_L = I_{\max} \sin \omega t)$$

فإن شدة التيار تتغير مع زاوية الطور على صورة

منحنى جيبي (كما بالشكل)، ويمثل $(\frac{\Delta I_L}{\Delta t})$ ميل المماس

لهذا المنحنى عند أي نقطة حيث :





4 التحليل

١ عندما تكون قيمة شدة التيار (I_L) مساوية للصفر تكون قيمة هذا الميل نهاية عظمى وبذلك تكون قيمة فرق الجهد (V_L) نهاية عظمى.

٢ بزيادة شدة التيار تقل قيمة الميل تدريجياً وتقل قيمة فرق الجهد حتى تصل شدة التيار إلى القيمة العظمى فتتعدم قيمة الميل وبذلك تكون قيمة فرق الجهد مساوية للصفر.

٣ عندما تقل شدة التيار تصبح قيمة الميل مقداراً سالباً وتزداد تدريجياً فتزداد قيمة فرق الجهد في الاتجاه السالب حتى تصل إلى نهايتها العظمى عندما تصل شدة التيار للصفر.

* مما سبق يتضح أن التيار يتأخر عن الجهد في الطور بمقدار $\frac{1}{4}$ دورة أي بزاوية 90° بسبب الحث الذاتي للملف.

أولاً شدة التيار المار في الملف عند أي لحظة تتعين من العلاقة :

$$I = I_{\max} \sin \omega t$$

ويتعين فرق الجهد بين طرفي الملف في نفس اللحظة من

$$V = V_{\max} \sin (\omega t + 90)$$

العلاقة :

المفاعلة الحثية

* يلاحظ أن القوة الدافعة الكهربية المستحثة العكسية بالحث الذاتي في الملف مهملة المقاومة الأومية تسبب نوعاً من الممانعة لمروء التيار الأصلي تسمى **المفاعلة الحثية (X_L)**.

* تتعين المفاعلة الحثية من العلاقة :

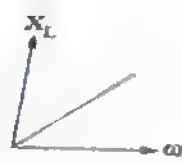
المفاعلة الحثية (X_L)

الممانعة التي يلقاها التيار المتردد في الملف بسبب حثه الذاتي.

$$X_L = \omega L = 2 \pi f L$$

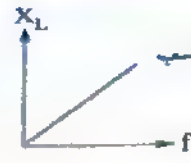
تقاس المفاعلة الحثية بوحدة الأوم (Ω)

العوامل التي تؤثر عليها المفاعلة الحثية للملف حث



السرعة الزاوية :
المفاعلة الحثية للملف حث تتناسب
طرديًا مع السرعة الزاوية.

$$\text{slope} = \frac{\Delta X_L}{\Delta \omega} = L$$



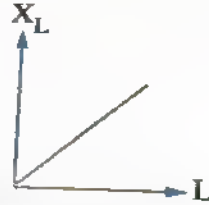
تردد التيار :
المفاعلة الحثية للملف حث تتناسب
طرديًا مع تردد التيار.

$$\text{slope} = \frac{\Delta X_L}{\Delta f} = 2\pi L$$

$$X_L = \omega L = 2\pi f L$$

معامل الحث الذاتي للملف :

المفاعلة الحثية للملف حث تتناسب طرديًا مع معامل الحث الذاتي للملف.



$$\text{slope} = \frac{\Delta X_L}{\Delta L} = \omega = 2\pi f$$

$$I = \frac{V_L}{X_L}$$

نستنتج أن :

شدة التيار المتردد المار في ملف حث مهملة المقاومة تتعین من العلاقة :

قيمة المفاعلة الحثية (X_L) لا تعتمد على قيمة كل من فرق الجهد بين طرفي الملف (V_L) وشدة التيار المار به (I).

عند الترددات العالية جدًا يكاد يتعذر مرور التيار المتردد في ملف الحث،

لأن المفاعلة الحثية للملف (X_L) تتناسب طرديًا مع تردد التيار تبعًا للعلاقة ($X_L = 2\pi f L$) ولذلك عند الترددات

العالية جدًا تصبح قيمة X_L كبيرة جدًا فتقل قيمة التيار جدًا وتعتبر الدائرة مفتوحة.

المفاعلة الحثية الملف يمر به تيار مستمر تساوي صفراً، لأن التيار المستمر ثابت الشدة وموحد الاتجاه فيكون تردده مساوياً للصفر ($f = 0$) فلا تتولد أي قوة دافعة كهربية مستحثة عكسه وسبقاً للعلاقة ($X_L = 2 \pi f L$) تصبح قيمة المفاعلة الحثية مساوية للصفر.

ملاحظات

* عند توصيل دينامو تيار متردد مقاومته الأومية مهمة بملف حثي عديم المقاومة الأومية وتغيير تردد ملف الدينامو فإن قيمة شدة التيار العظمى لا تتغير لأنها لا تعتمد على تردد دوران ملف الدينامو حيث أنها

$$I_{max} = \frac{V_{max}}{X_L} = \frac{NBA\omega}{\omega L} = \frac{NBA}{L}$$

تحسب من العلاقة :

* تختلف المفاعلة الحثية عن المقاومة الأومية في الآتي :

- المفاعلة الحثية ملف مهمل المقاومة لا تسبب فقد في الطاقة الكهربائية، لأن الممانعة لمرور التيار تكون بواسطة القوة الدافعة الكهربائية المستحثة العكسية المتولدة في الملف ويقوم الملف بتخزين الطاقة الكهربائية على صورة مجال مغناطيسي ثم يعيد إعطائها للمصدر دون فقد في الطاقة.

- المقاومة الأومية ملف تسبب فقد في الطاقة الكهربائية في صورة طاقة حرارية.

$$L = \frac{\mu AN^2}{l}$$

* تتعين قيمة معامل الحث الذاتي (L) ملف لوحي من العلاقة :

مثال ١

ملف حثي ذاتي 700 mH مهمل المقاومة الأومية وصل بمصدر متردد قوته الدافعة 200 V وتردده 50 Hz احسب شدة التيار المار في الملف.

الحل

$$L = 700 \times 10^{-3} \text{ H} \quad V = 200 \text{ V} \quad f = 50 \text{ Hz} \quad I = ?$$

$$X_L = 2 \pi f L = 2 \times \frac{22}{7} \times 50 \times 700 \times 10^{-3} = 220 \Omega$$

$$I = \frac{V}{X_L} = \frac{200}{220} = 0.91 \text{ A}$$

مثال ٢

ملف حث طوله $25 \pi \text{ cm}$ يتكون من 5000 لفة مساحة مقطع كل منها 10 cm^2 ، متصل بدynamo تيار متردد عديم المقاومة الأومية ويدور ملفه بمعدل 50 دورة/ث، فإذا كانت القوة الدافعة الكهربائية العظمى لللف الدينامو $150\sqrt{2} \text{ V}$ ، احسب القيمة الفعالة لشدة التيار المار في دائرة الملف. (علمًا بأن: $\mu = 4 \pi \times 10^{-7} \text{ Wb/A.m}$)

$$l = 25 \pi \text{ cm} \quad N = 5000 \quad A = 10 \text{ cm}^2 \quad f = 50 \text{ Hz}$$

$$V_{\max} = 150\sqrt{2} \text{ V} \quad \mu = 4 \pi \times 10^{-7} \text{ Wb/A.m} \quad I_{\text{eff}} = ?$$

$$L = \frac{\mu AN^2}{l} = \frac{4 \pi \times 10^{-7} \times 10 \times 10^{-4} \times (5000)^2}{25 \pi \times 10^{-2}} = 0.04 \text{ H}$$

$$X_L = 2 \pi f L$$

$$= 2 \times \frac{22}{7} \times 50 \times 0.04 = 12.57 \Omega$$

$$V_{\text{eff}} = \frac{V_{\max}}{\sqrt{2}} = \frac{150\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 150 \text{ V}$$

$$I_{\text{eff}} = \frac{V_{\text{eff}}}{X_L} = \frac{150}{12.57} = 11.93 \text{ A}$$

اختبر نفسك

افتر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

١ إذا زاد عدد لفات ملف حث متصل بمصدر تيار متردد مع ثبوت طول الملف ومساحة وجهه فإن مفاعله

الحثية

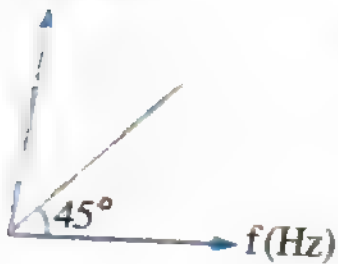
د) تنعدم

ج) تبقى كما هي

ب) تقل

أ) تزداد

$X_L (\Omega)$



٢ الشكل البياني المقابل يمثل العلاقة بين المفاعلة الحثية (X_L) لملف حث مهمل

المقاومة الأومية متصل بمصدر تيار متردد يمكن تغيير تردده وتردد التيار (f)

المر بالملف وذلك عند رسمهما بنفس مقياس الرسم، فإن مقدار معامل الحث

الذاتي لهذا الملف هو

ب) 6.28 H

أ) 3.14 H

د) 1.57 H

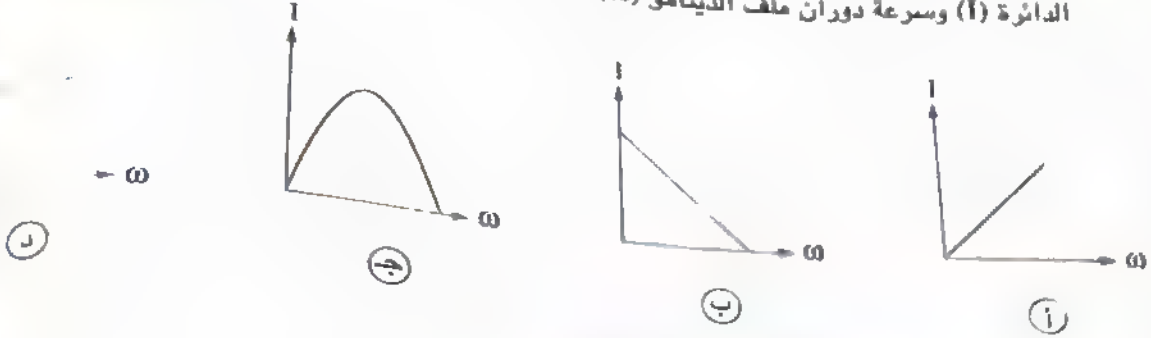
ج) 0.159 H

دينامو تيار متردد



L

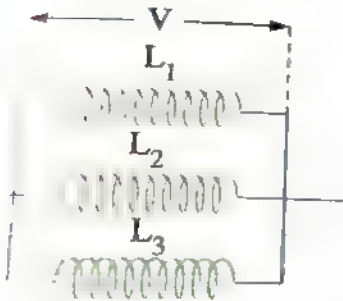
الشكل المقابل يمثل ملف حث مهملة المقاومة الأومية متصل
بدينامو تيار متردد يمكن تغيير سرعة دوران ملفه، أى الأشكال
البيانية الآتية يمثل العلاقة بين القيمة الفعالة للتيار المار في
الدائرة (I) وسرعة دوران ملف الدينامو (ω) ؟



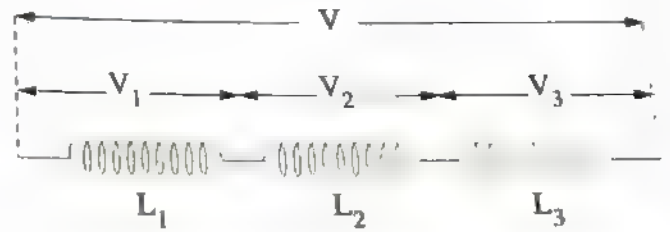
المفاعلة الحثية لعدة ملفات متصلة معاً

عند توصيل عدة ملفات حث معاً (بحيث تكون متباعدة عن بعضها حتى يمكن إهمال الحث المتبادل بينها)
بمصدر تيار متردد، فإذا كان التوصيل :

على التوازي



على التوالي



فرق الجهد بين طرفي كل ملف

يكون فرق الجهد بين طرفي كل ملف متساوي

يتوزع فرق الجهد الكلي (V) على الملفات

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

شدة التيار المار في كل ملف

يتوزع التيار الكلي على الملفات

يمر في الملفات نفس شدة التيار

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$\frac{V}{\hat{X}_L} = \frac{V}{(X_L)_1} + \frac{V}{(X_L)_2} + \frac{V}{(X_L)_3}$$

$$\therefore \frac{1}{\hat{X}_L} = \frac{1}{(X_L)_1} + \frac{1}{(X_L)_2} + \frac{1}{(X_L)_3}$$

$$\frac{1}{\hat{L}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3}$$

المفاعلة الذاتية للدائرة

$$\therefore V = V_1 + V_2 + V_3$$

$$I \hat{X}_L = I (X_L)_1 + I (X_L)_2 + I (X_L)_3$$

$$\therefore \hat{X}_L = (X_L)_1 + (X_L)_2 + (X_L)_3$$

معامل الحث الذاتي الكلي

$$\hat{L} = L_1 + L_2 + L_3$$

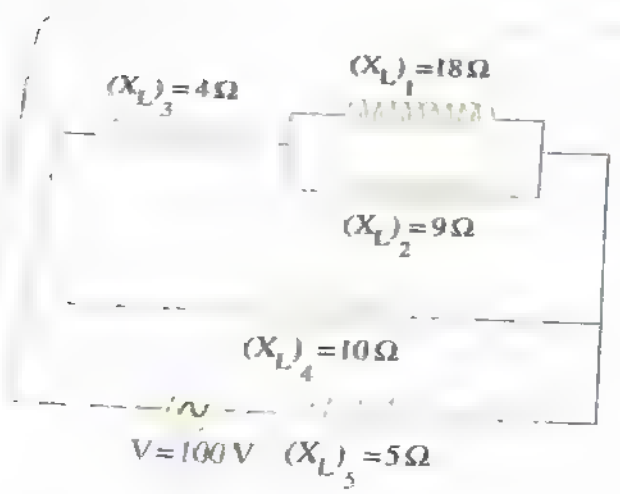
إذا كان معامل الحث الذاتي للملفات متساوي وعدد الملفات (n)

$$\hat{X}_L = \frac{(X_L)_1}{n}$$

$$\hat{L} = \frac{L_1}{n}$$

$$\hat{X}_L = n (X_L)_1$$

$$\hat{L} = n L_1$$



مثال ١

احسب شدة التيار الكلي المار في الدائرة الموضحة.
(يفرض إهمال الحث المتبادل بين الملفات)

الحل

$$\therefore (\hat{X}_L)_1 = \frac{18 \times 9}{18 + 9} = 6 \Omega$$

$$\therefore (\hat{X}_L)_2 = 6 + 4 = 10 \Omega$$

$$\therefore (\hat{X}_L)_3 = \frac{10}{2} = 5 \Omega$$

$$\therefore (X_L)_{\text{كلية}} = 5 + 5 = 10 \Omega$$

$$I = \frac{V}{(X_L)_{\text{كلية}}} = \frac{100}{10} = 10 \text{ A}$$

$(X_L)_2, (X_L)_1$ متصلين على التوازي :

$(X_L)_3, (\hat{X}_L)_1$ متصلين على التوالي :

$(X_L)_4, (\hat{X}_L)_2$ متصلين على التوازي :

$(X_L)_5, (\hat{X}_L)_3$ متصلين على التوالي :

ثلاثة ملفات حث مهملة المقاومة كل منها عدد لفاته 100 لفة وطوله 15 cm ونصف قطره 2.2 cm ملفوفة حول
عصب من الحديد نفاذيته المغناطيسية 0.002 Wb/A.m فإذا وصلت هذه الملفات بمصدر تيار متردد سريره
50 Hz. احسب المفاعلة الحثية الكلية إذا وصلت مع بعضها على :

(أ) التوالي.

(ب) الموازي.

(يفرض إهمال الحث المتبادل بينها)

الصل :

$$n = 3, N = 100, \ell = 15 \times 10^{-2} \text{ m}, r = 2.2 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$\mu = 0.002 \text{ Wb/A.m}, f = 50 \text{ Hz}, \hat{X}_L = ?$$

$$L_1 = \frac{\mu AN^2}{\ell} = \frac{0.002 \times \frac{22}{7} \times (2.2 \times 10^{-2})^2 \times (100)^2}{15 \times 10^{-2}} = 0.2 \text{ H}$$

$$(X_L)_1 = 2 \pi f L_1 = 2 \times \frac{22}{7} \times 50 \times 0.2 = 62.86 \Omega$$

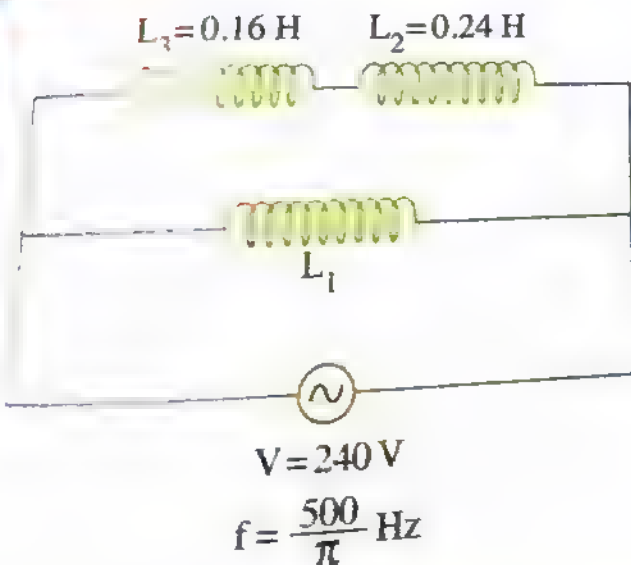
$$\hat{X}_L = n (X_L)_1 = 3 \times 62.86 = 188.58 \Omega \quad (1)$$

$$\hat{X}_L = \frac{(X_L)_1}{n} = \frac{62.86}{3} = 20.95 \Omega \quad (ب)$$

38 اختبار نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

في الدائرة الموضحة إذا كانت شدة التيار المار في الدائرة
1 A، فإن قيمة L_1 تساوى



أ 0.1 H

ب 0.2 H

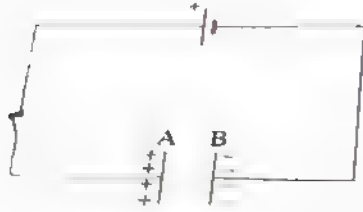
ج 0.4 H

د 0.6 H

المكثف الكهربى

المكثف الكهربى هو عبارة عن لوحين معدنيين متوازيين بينهما عازل ويخزن الطاقة الكهربائية على صورة مجال كهربى.

توصيل المكثف مع مصدر تيار مستمر



• عند توصيل مكثف ببطارية (كما بالشكل المقابل) بحيث يتصل اللوح A بالقطب الموجب واللوح B بالقطب السالب :
- تنتقل الشحنة السالبة (الإلكترونات) من القطب السالب للبطارية إلى اللوح B ويقل جهده تدريجياً.

- تؤثر شحنة اللوح B السالبة على اللوح A فتطرد الشحنة السالبة منه إلى القطب الموجب للبطارية ويرتفع جهد اللوح A تدريجياً حيث تظهر عليه شحنة موجبة فينشأ فرق فى الجهد بين اللوحين.

- يزداد فرق الجهد بين اللوحين بمرور الزمن حتى يتساوى مع فرق الجهد بين قطبى البطارية وعندها يتوقف انتقال الشحنات وبذلك يكون قد تم شحن المكثف.

• مما سبق يتضح أن التيار المار فى هذه الحالة هو تيار لحظى يكون قيمة عظمى فى لحظة التوصيل ويتناقص تدريجياً حتى يتوقف عند تمام شحن المكثف.

سعة المكثف

• عند شحن المكثف الكهربى يكون أحد لوحيه موجب الشحنة والآخر سالب الشحنة وينشأ بينهما فرق جهد (V). من هنا يمكن تعريف سعة المكثف كالتالى :

سعة المكثف (C)

النسبة بين كمية الشحنة الكهربائية المتراكمة على أى من لوحى المكثف وفرق الجهد بينهما.

$$C = \frac{Q}{V}$$

• تتعين سعة المكثف (C) من العلاقة :

حيث (Q) كمية الشحنة الكهربائية المتراكمة على أى من لوحى المكثف،

(V) فرق الجهد بين لوحيه.

• تقاس سعة المكثف بوحدة الفاراد (F) ويكافئ (C/V).

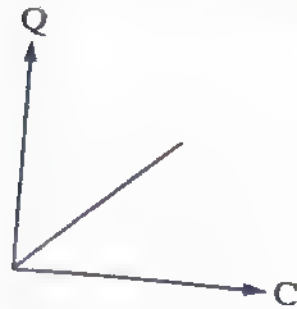
الفاراد

سعة مكثف إذا شُحن بشحنة كهربية مقدارها 1 C يكون فرق الجهد بين لوحيه 1 V

العوامل المؤثرة على كمية الشحنة المتراكمة على لوحى المكثف (Q)

$$Q = CV$$

٢ سعة المكثف (C) :
تتناسب كمية الشحنة المتراكمة على لوحى المكثف تناسباً طردياً مع سعة المكثف.



$$\text{slope} = \frac{\Delta Q}{\Delta C} = V$$

١ فرق الجهد (V) بين لوحى المكثف :
تتناسب كمية الشحنة المتراكمة على لوحى المكثف تناسباً طردياً مع فرق الجهد بين لوحى المكثف.



$$\text{slope} = \frac{\Delta Q}{\Delta V} = C$$

معلومة إثرائية

العوامل المؤثرة على سعة مكثف (C)

١ السماحية الكهربائية للوسط (ε) والتي تعتمد على نوع المادة العازلة بين لوحى المكثف «علاقة طردية»

١ المساحة (A) المتقابلة من لوحى المكثف «علاقة طردية»

$$C = \frac{\epsilon A}{d}$$

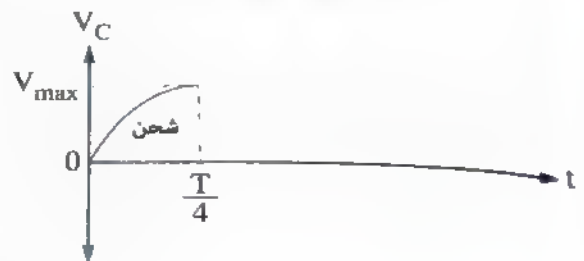
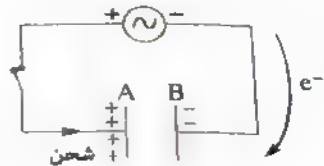
٢ المسافة الفاصلة بين لوحى المكثف (d) «علاقة عكسية»

عند توصيل مكثف بمصدر تيار متردد فإنه ،

في نصف الدورة الأول

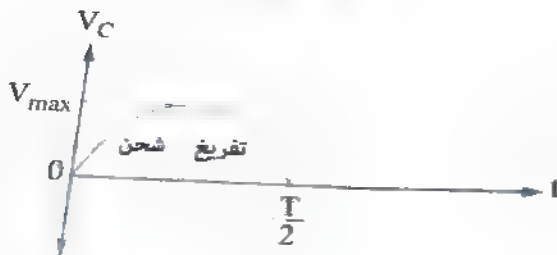
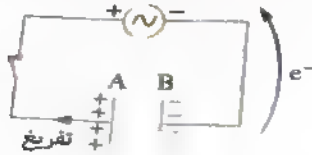
١ في الربع الأول

يتم شحن المكثف تدريجياً حتى يصل فرق الجهد بين لوحيه إلى نهاية عظمى تساوى النهاية العظمى لـ emf للمصدر



٢ في الربع الثاني

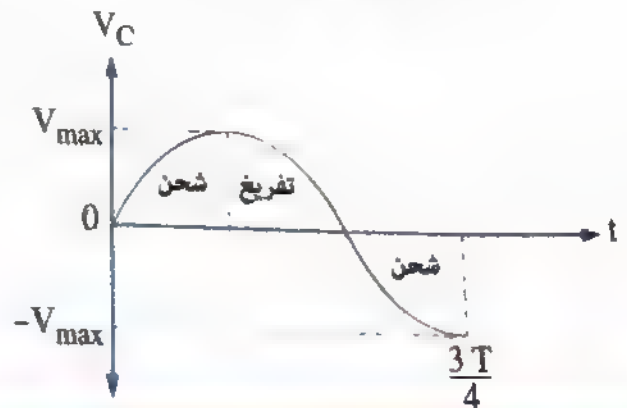
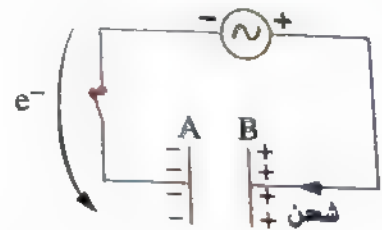
يبدأ المكثف تفريغ شحنته عندما تبدأ emf للمصدر في الهبوط حيث يكون جهد المكثف أكبر من جهد المصدر وعندما تصل emf للمصدر إلى الصفر يصل جهد المكثف أيضاً للصفر



في نصف الدورة الثاني

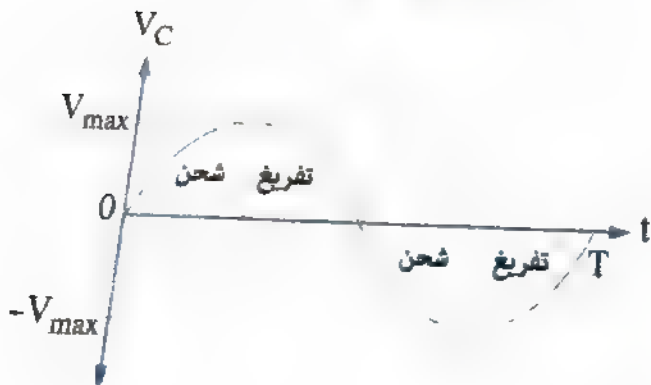
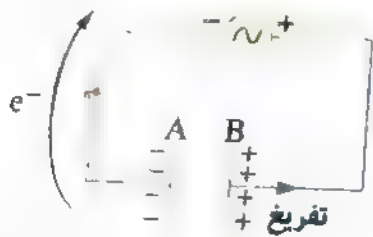
٢ في الربع الثالث

يتم شحن المكثف حتى يصل فرق الجهد بين لوحيه إلى النهاية العظمى لـ emf للمصدر كما بالربع الأول ولكن بشحنات معكوسة



٤ في الربع الرابع

يبدأ المكثف تفريغ شحنته كما بالربع الثاني عند هبوط emf للمصدر حتى يصل كل منهما إلى الصفر في نهاية النصف الثاني للدورة



المكثف يسمح بمرور التيار المتردد في الدائرة الخارجية عن طريق الشحن والتفريغ، ويمكن حساب شدة التيار اللحظي المار في الدائرة كالتالي:

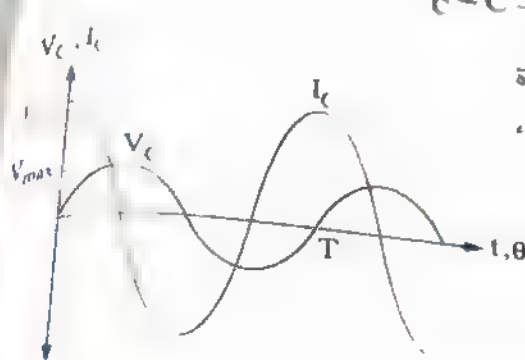
$$I_C = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

$$Q = CV_C$$

$$I_C = \frac{\Delta CV_C}{\Delta t}$$

$$\therefore I_C = C \frac{\Delta V_C}{\Delta t}$$

$$\therefore I_C \propto \frac{\Delta V_C}{\Delta t}$$



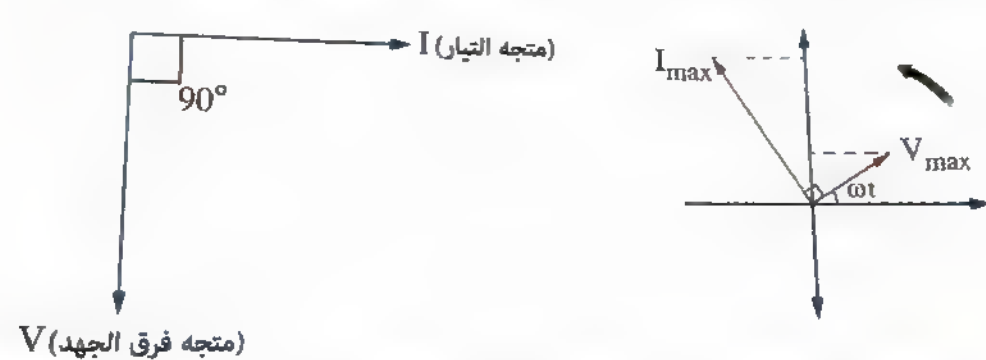
• يتغير فرق الجهد بين لوحى المكثف مع زاوية الطور على صورة منحنى جيبى (كما بالشكل) تبعاً للعلاقة $(V_C = V_{\max} \sin \omega t)$ ، ويمثل $(\frac{\Delta V_C}{\Delta t})$ ميل المماس لهذا المنحنى عند أى نقطة حيث

١ يكون هذا الميل نهاية عظمى عندما تكون قيمة فرق الجهد (V_C) مساوية للصفر وبذلك تكون قيمة شدة التيار (I_C) نهاية عظمى.

٢ بزيادة فرق الجهد يقل الميل تدريجياً وتقل قيمة شدة التيار حتى يصل فرق الجهد إلى القيمة العظمى فتتعدى قيمة الميل وبذلك تصبح قيمة شدة التيار مساوية للصفر عند تلك اللحظة.

٣ عندما يقل فرق الجهد تصبح قيمة الميل مقداراً سالباً ويزداد تدريجياً فتزداد قيمة شدة التيار اللحظى فى الاتجاه السالب حتى تصل إلى نهايتها العظمى عندما تصل قيمة فرق الجهد للصفر.

• مما سبق يتضح أن التيار يتقدم على الجهد فى الطور بمقدار $\frac{1}{4}$ دورة أى بزاوية 90° بسبب سعة المكثف.



$$V = V_{\max} \sin \omega t$$

أى أنه فرق الجهد بين لوحى المكثف فى أى لحظة يتعين من العلاقة :

$$I = I_{\max} \sin (\omega t + 90)$$

وشدة التيار فى نفس اللحظة تتعين من العلاقة :

المفاعلة السعوية

• بسبب وجود المكثف فى الدائرة الكهربائية نوعاً من الممانعة لمرور التيار المتردد تسمى المفاعلة السعوية (X_C) .

المفاعلة السعوية (X_C)

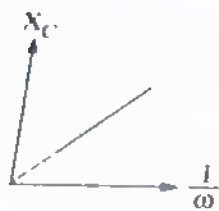
الممانعة التى يلقاها التيار المتردد أثناء مروره فى دائرة تحتوى على مكثف بسبب سعته.

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$$

تتغير المفاعلة السعوية (X_C) من العلاقة :

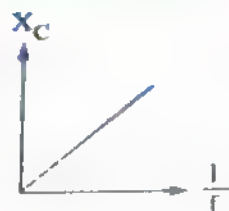
نفس المفاعلة السعوية بوحدة (الأوم Ω)

العوامل التي تؤثر عليها المفاعلة السعوية لمكثف



السرعة الزاوية :
(أو) تتناسب المفاعلة السعوية لمكثف
تناسبًا عكسيًا مع السرعة
الزاوية.

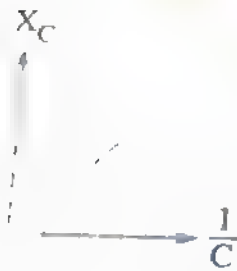
$$\text{slope} = \frac{\Delta X_C}{\Delta(\frac{1}{\omega})} = \frac{1}{C}$$



1 تردد التيار :
تتناسب المفاعلة السعوية
لمكثف تناسبًا عكسيًا مع
تردد التيار.

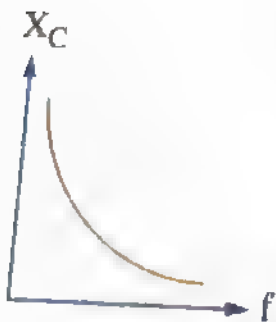
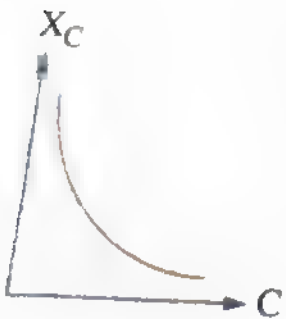
$$\text{slope} = \frac{\Delta X_C}{\Delta(\frac{1}{f})} = \frac{1}{2\pi C}$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$$



2 سعة المكثف :
تتناسب المفاعلة السعوية لمكثف
تناسبًا عكسيًا مع سعة المكثف.

$$\text{slope} = \frac{\Delta X_C}{\Delta(\frac{1}{C})} = \frac{1}{\omega} = \frac{1}{2\pi f}$$



* التمثيل البياني للعلاقة بين المفاعلة السعوية وكل
من سعة المكثف وتردد التيار.

كما سبق نستنتج أن :

- شدة التيار المتردد المار في دائرة تحتوي على مكثف تتغير من العلاقة ،
- قيمة المفاعلة السعوية لمكثف (X_C) لا تعتمد على فرق الجهد بين لوحى المكثف (V_C) أو شدة التيار (I_C) بالدائرة ،
- عند الترددات العالية جدًا في دائرة مكثف تعتبر الدائرة الكهربائية مغلقة ،
- لأن المفاعلة السعوية للمكثف (X_C) تتناسب عكسيًا مع تردد المصدر تبعًا للعلاقة ($X_C = \frac{1}{2\pi fC}$) ولذلك عند الترددات العالية جدًا تصبح قيمة X_C صغيرة جدًا وبالتالي يمر تيار كبير جدًا وتعتبر الدائرة مغلقة.

ملاحظات

- عند توصيل دينامو تيار متردد مقاومته الأومية مهملة بمكثف وتغيير تردد ملف الدينامو نجد أن شدة التيار العظمى تتناسب طرديًا مع مربع تردد التيار حيث إنها تحسب من العلاقة ،

$$I_{\max} = \frac{V_{\max}}{X_C} = \frac{NBA\omega}{\frac{1}{\omega C}} = NBA\omega^2 C = NBA \times 4\pi^2 f^2 C$$

- لا تسبب المفاعلة السعوية لمكثف فقدًا في الطاقة الكهربائية.

لأن المكثف أثناء عملية الشحن يخزن الطاقة الكهربائية على صورة مجال كهربى وأثناء التفريغ يفرغ شحنته على صورة طاقة كهربية.

- عند الترددات المنخفضة جدًا في دائرة المكثف تعتبر الدائرة الكهربائية مفتوحة.

لأن المفاعلة السعوية للمكثف (X_C) تتناسب عكسيًا مع تردد التيار تبعًا للعلاقة ($X_C = \frac{1}{2\pi fC}$) ولذلك عند الترددات المنخفضة جدًا تصبح قيمة X_C كبيرة جدًا، وبالتالي يمنع المكثف مرور الإشارات الكهربائية ذات الترددات المنخفضة في الدائرة.

39 اختبار نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

1 الشكل المقابل يمثل العلاقة البيانية بين الشحنة المتراكمة (Q) على أحد

لوحى أربعة مكثفات A، B، C، D وفرق الجهد (V) بين لوحى كل منها

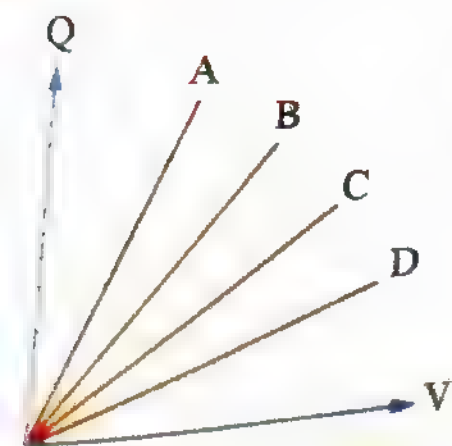
أثناء عملية الشحن، فأى من هذه المكثفات لها سعة أقل ؟

A ①

B ②

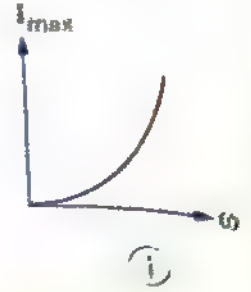
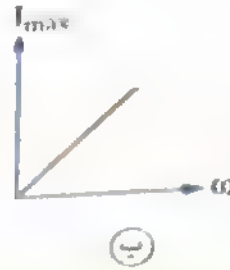
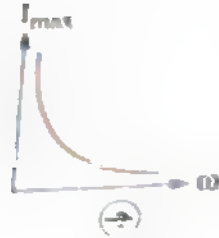
C ③

D ④



في الشكل المقابل مكثف متصل بدینامو للتيار المتردد يمكن تغيير سرعة دوران ملفه، أي الأشكال البيانية الآتية تمثل العلاقة بين القيمة العظمى للتيار المتردد في الدائرة (I_{max}) وسرعة دوران ملف الدينامو (ω) ؟

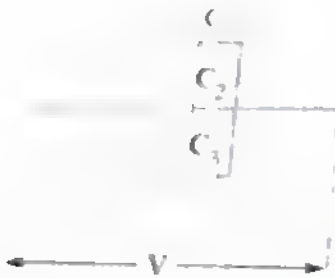
دينامو تيار متردد



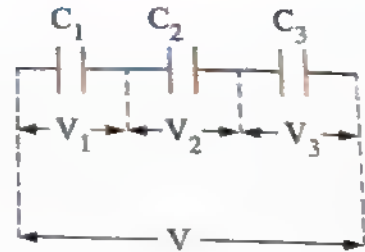
المفاعلة السعوية لعدة مكثفات متصلة معاً

عند توصيل عدة مكثفات معاً :

على التوازي



على التوالي



الشحنة

تتوزع الشحنة الكهربائية على المكثفات

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

يتم شحن كل مكثف بنفس الشحنة الكهربائية (Q)

فرق الجهد بين لوحى كل مكثف

يكون فرق الجهد بين طرفى كل مكثف (V) متساوى

يتوزع فرق الجهد (V) على المكثفات

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

مثال ٢
من الشكل
السعة الكلية

$$\bar{Q} = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$VC = VC_1 + VC_2 + VC_3$$

$$\bar{C} = C_1 + C_2 + C_3$$

$$\frac{1}{\bar{X}_C} = \frac{1}{(X_C)_1} + \frac{1}{(X_C)_2} + \frac{1}{(X_C)_3}$$

$$\bar{C} = nC_1$$

$$\bar{X}_C = \frac{(X_C)_1}{n}$$

السعة المكافئة

$$\bar{V} = V_1 + V_2 + V_3$$

$$\bar{Q} = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$\bar{C} = C_1 + C_2 + C_3$$

المفاعلة السعوية الكلية

$$\bar{X}_C = (X_C)_1 + (X_C)_2 + (X_C)_3$$

إذا كانت المكثفات متساوية السعة وعددها n

$$\bar{C} = \frac{C_1}{n}$$

$$\bar{X}_C = n(X_C)_1$$

مثال ١

ثلاثة مكثفات سعتها $20 \mu F$ ، $80 \mu F$ ، $40 \mu F$ وصلت معاً على التوازي مع مصدر قوته الدافعة $100 V$ وتردده $50 Hz$ ، أوجد شدة التيار المار في الدائرة.

الحل

$$C_1 = 20 \times 10^{-6} F \quad C_2 = 80 \times 10^{-6} F \quad C_3 = 40 \times 10^{-6} F$$

$$V = 100 V \quad f = 50 Hz \quad I = ?$$

∴ المكثفات متصلة معاً على التوازي.

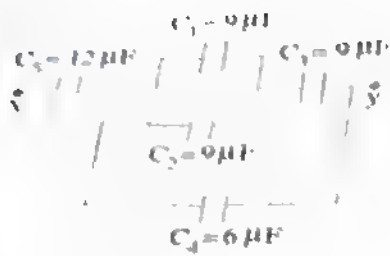
$$\bar{C} = C_1 + C_2 + C_3$$

$$= (20 \times 10^{-6}) + (80 \times 10^{-6}) + (40 \times 10^{-6})$$

$$= 140 \times 10^{-6} F$$

$$\bar{X}_C = \frac{1}{2\pi f \bar{C}} = \frac{1}{2 \times \frac{22}{7} \times 50 \times 140 \times 10^{-6}} = 22.73 \Omega$$

$$I = \frac{V}{\bar{X}_C} = \frac{100}{22.73} = 4.4 A$$



$$\hat{C}_1 = 9 + 9 = 18 \mu F$$

$$\hat{C}_2 = \frac{18 \times 9}{18 + 9} = 6 \mu F$$

$$\hat{C}_3 = 6 + 6 = 12 \mu F$$

$$C_{(كليه)} = \frac{12}{2} = 6 \mu F$$

سؤال ٢٠

من الشكل المقابل، احسب السعة الكلية لمجموعة المكثفات بين النقطتين x , y

الصل

C_2, C_1 متصلين على التوازي :

C_3, \hat{C}_1 متصلين على التوالي :

C_4, \hat{C}_2 متصلين على التوازي :

C_5, \hat{C}_3 متصلين على التوالي :

اختبر نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

في الشكل المقابل، إذا كانت الشحنة الكهربائية المتراكمة على أحد لوحى المكثف الأول $180 \mu C$ ، فإن الشحنة المتراكمة على أحد لوحى المكثف

الثاني تساوى

أ $360 \mu C$

ب $150 \mu C$

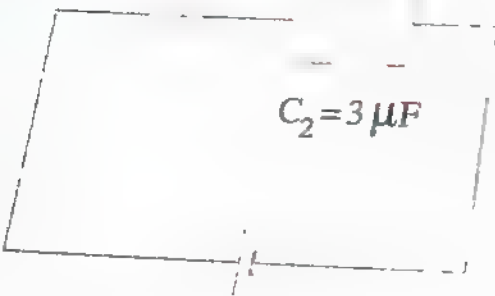
ج $240 \mu C$

د $90 \mu C$

$$C_1 = 6 \mu F$$

$$C_3 = 4 \mu F$$

$$C_2 = 3 \mu F$$



في هذا الدرس سوف نتعرف :

المعاوقة.

دائرة تيار متردد تحتوي على مقاومة أومية وملف حث متصلين على التوالي.

دائرة تيار متردد تحتوي على مقاومة أومية ومكثف متصلين على التوالي.

دائرة تيار متردد تحتوي على مقاومة أومية وملف حث ومكثف متصلة معًا على التوالي.

المقاومة Impedance

المقاومة (Z)

مكافئ المقاومة والمفاعلة الحثية والمفاعلة السعوية في دائرة تيار متردد.

الدوائر الكهربائية التي تحتوي على مقاومات أومية (R) وملفات حث (L) ومكثفات (C) ومصدر للتيار المتردد توجد بها مفاعلة للتيار المتردد (مفاعلة حثية أو مفاعلة سعوية) بالإضافة إلى المقاومات الأومية ومقاومة الأسلاك ويطلق على مكافئ المفاعلة والمقاومة معاً اسم المقاومة (Z).

نقاس المقاومة بوحدة الأوم (Ω)

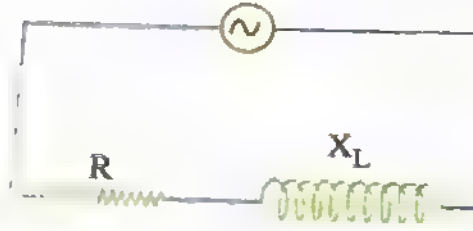
رابعاً دائرة تيار متردد تحتوي على مقاومة أومية وملف حث متصلين على التوالي RL

ملاحظة

* يمكن تمثيل ملف الحث الذي له مقاومة أومية في الدائرة الكهربائية بعنصرين متصلين على التوالي أحدهما ملف حث والآخر مقاومة أومية.

من المستحيل عملياً وجود ملف حث عديم المقاومة لأن أى ملف يمتلك قدر ولو ضئيل من المقاومة الأومية الناتجة عن مقاومة الأسلاك المستخدمة في صناعته.

عند وجود دائرة كهربائية تحتوي على مصدر تيار متردد متصل على التوالي مع ملف حث له مقاومة أومية أو ملف حث متصل بمقاومة أومية كما بالشكل، فإنه :



في المقاومة الأومية

يتفق فرق الجهد (V_R) والتيار (I) في الطور



في ملف الحث

يتقدم فرق الجهد (V_L) على التيار (I) بمقدار $\frac{1}{4}$ دورة (زاوية طور 90°)



ويتساوى التيار في المقاومة مع التيار في ملف الحث في القيمة ويتفقا في الطور لأنهما متصلان معاً على التوالي

وبالنسبة :

يتقدم الجهد عبر الملف (V_L) على الجهد عبر المقاومة (V_R) بزاوية طور 90° ويتميز فرق الجهد الكلي (V) باستخدام المتجهات من العلاقة :

يتقدم الجهد الكلي (V) في الطور على التيار (I) (أو الجهد عبر المقاومة V_R) بزاوية θ تتعين من العلاقة :

حيث : (θ) دائماً موجبة ($90^\circ > \theta > 0^\circ$)

$$\tan \theta = \frac{V_L}{V_R} = \frac{IX_L}{IR} = \frac{X_L}{R}$$

$$V = IZ, \quad V_R = IR, \quad V_L = IX_L$$

$$IZ = \sqrt{I^2 R^2 + I^2 X_L^2} = I \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{V_R}{R} = \frac{V_L}{X_L}$$

بالقسمة على I

= يمكن تعيين شدة التيار الكلي (I) من العلاقة :

ملاحظة

* لا تجمع فروق الجهد عبر ملف الحث والمقاومة الأومية جمعاً جبرياً بل جمعاً اتجاهياً.

$$V \neq V_R + V_L$$

لكن

$$V = \sqrt{V_R^2 + V_L^2}$$

وبالمثل لا تجمع المفاعلة الحثية والمقاومة الأومية جمعاً جبرياً بل جمعاً اتجاهياً.

مثال

مصدر تيار متردد قوته الدافعة الفعالة 80 V وتردده 50 Hz موصل على التوالي مع ملف حثه الذاتي $\frac{21}{220}$ H ومقاومة 40Ω ، احسب :

(أ) المعاوقة الكلية.

(ب) فرق الجهد بين طرفي كل من المقاومة والملف، وهل يمكن جمع الجهود جبرياً ؟

(ج) زاوية الطور بين التيار والجهد الكلي.

المصدر

$V = 80 \text{ V}$ $f = 50 \text{ Hz}$ $L = \frac{21}{220} \text{ H}$ $R = 40 \Omega$

$Z = ?$ $V_R = ?$ $V_L = ?$ $\theta = ?$

$X_L = 2\pi fL = 2 \times \frac{22}{7} \times 50 \times \frac{21}{220} = 30 \Omega$

$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{(40)^2 + (30)^2} = 50 \Omega$

$I = \frac{V}{Z} = \frac{80}{50} = 1.6 \text{ A}$

$V_R = IR = 1.6 \times 40 = 64 \text{ V}$

$V_L = IX_L = 1.6 \times 30 = 48 \text{ V}$

$V = 64 + 48 = 112 \text{ V}$

المجموع الجبرى لفروق الجهد :

وهو أكبر من القوة الدافعة للمصدر، أما إذا جُمعت فروق الجهد جمعًا اتجاهيًا فإن :

$V = \sqrt{V_R^2 + V_L^2} = \sqrt{(64)^2 + (48)^2} = 80 \text{ V}$

وهذه القيمة (80 V) تساوى القوة الدافعة الكهربائية للمصدر الكهربى لذلك لا تجمع الجهود جبريًا .

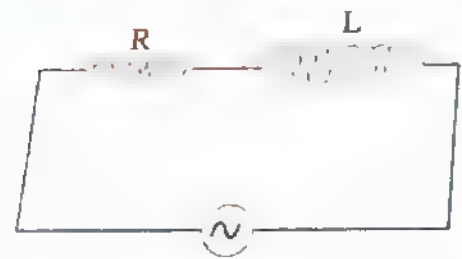
$\tan \theta = \frac{X_L}{R} = \frac{30}{40} = 0.75$

(ج)

$\theta = 36.87^\circ$

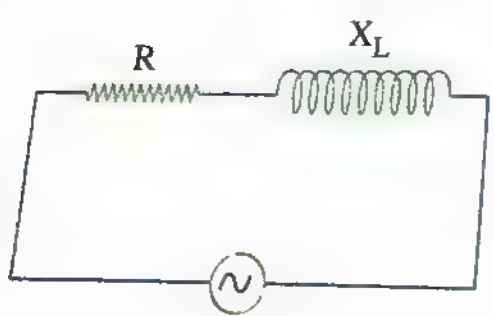
41 اختبار نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :



1 مصدر متردد جهده 20 V متصل بمقاومة أومية وملف حث مهمل المقاومة الأومية، فإذا كان فرق الجهد بين طرفى ملف الحث 12 V فإن فرق الجهد بين طرفى المقاومة الأومية

- أ 4 V ب 8 V
 ج 16 V د 32 V

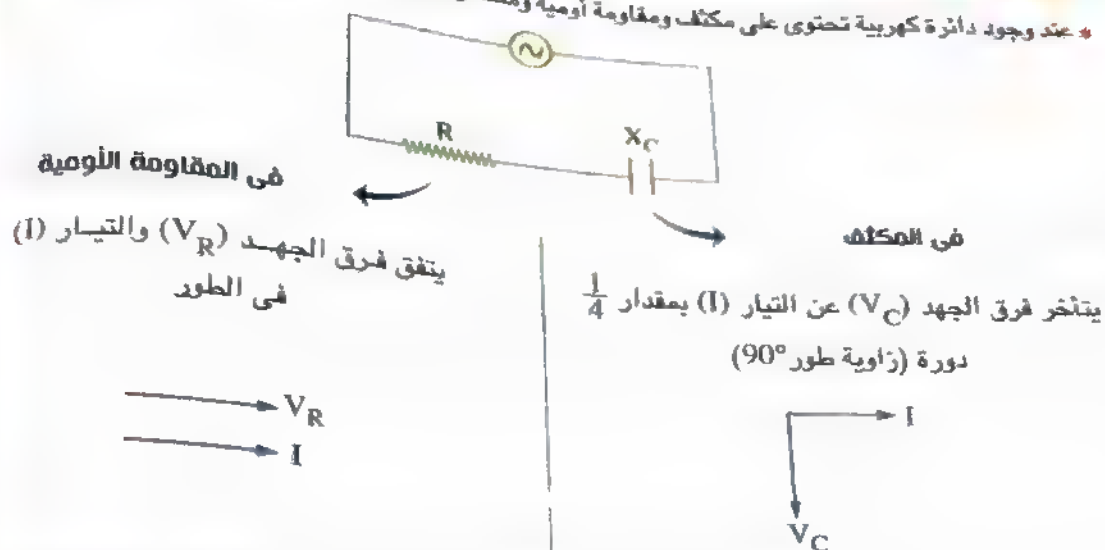


2 فى الدائرة الموضحة عند مرور تيار تردده f تكون $X_L = R$ فإذا زاد التردد إلى 2 f تكون النسبة بين المعاوقة قبل وبعد زيادة التردد هى

- أ $\frac{\sqrt{3}}{2}$ ب $\frac{\sqrt{5}}{2}$
 ج $\frac{\sqrt{10}}{2}$ د $\frac{\sqrt{10}}{5}$

دائرة تيار متردد تحتوي على مقاومة أومية ومكثف متصلين على التوالي RC

عند وجود دائرة كهربائية تحتوي على مكثف ومقاومة أومية ومصدر تيار متردد موصلة على التوالي كما بالشكل. فإن

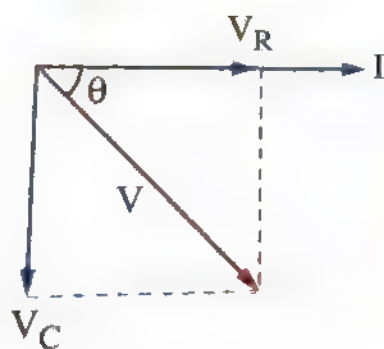


ويمر نفس التيار في المقاومة وفي دائرة المكثف أي أن التيار له نفس الطور لكل منهما لأنها متصلان معاً على التوالي

وبالتالي :

- يتأخر الجهد عبر المكثف (V_C) عن الجهد عبر المقاومة (V_R) بزاوية طور 90° ويتعين فرق الجهد الكلي (V) باستخدام المتجهات من العلاقة :
- يتأخر الجهد الكلي (V) في الطور عن التيار (I) (أو الجهد عبر المقاومة V_R) بزاوية θ تتعين من العلاقة :

$$V = \sqrt{V_R^2 + V_C^2}$$



$$\tan \theta = \frac{-V_C}{V_R} = \frac{-IX_C}{IR} = \frac{-X_C}{R}$$

حيث : (θ) دائماً سالبة ($90^\circ > \theta > 0^\circ$)، والإشارة السالبة تعني أن الجهد الكلي V متأخر عن التيار I بزاوية θ

$$\therefore V = IZ \quad , \quad V_R = IR \quad , \quad V_C = IX_C$$

$$\therefore IZ = \sqrt{I^2 R^2 + I^2 X_C^2} = I \sqrt{R^2 + X_C^2}$$

$$\therefore Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$$

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{V_R}{R} = \frac{V_C}{X_C}$$

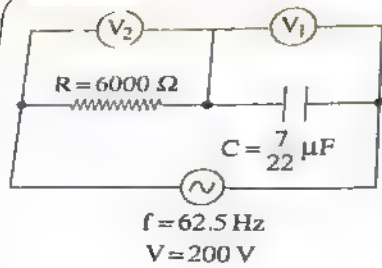
بالقسمة على 1

يمكن تعيين شدة التيار الكلي (I) من العلاقة :

مثال ١

في الدائرة الموضحة،

أوجد قراءة كل من V_1 ، V_2



الصل

$$R = 6000 \, \Omega \quad C = \frac{7}{22} \, \mu F \quad f = 62.5 \, \text{Hz} \quad V = 200 \, \text{V}$$

$$V_1 = ? \quad V_2 = ?$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{2 \times \frac{22}{7} \times 62.5 \times \frac{7}{22} \times 10^{-6}} = 8000 \, \Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} = \sqrt{(6000)^2 + (8000)^2} = 10000 \, \Omega$$

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{200}{10000} = 0.02 \, \text{A}$$

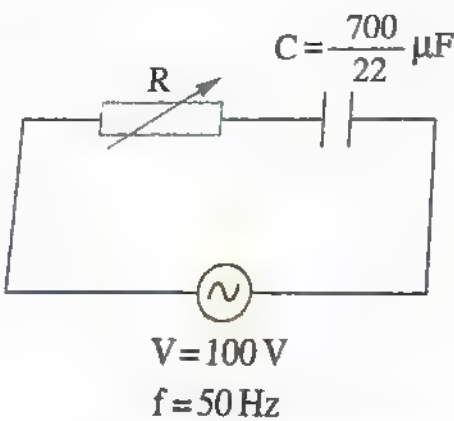
$$\therefore V_1 = V_C = IX_C = 0.02 \times 8000 = 160 \, \text{V}$$

$$\therefore V_2 = V_R = IR = 0.02 \times 6000 = 120 \, \text{V}$$

مثال ٢

في الدائرة الموضحة، ما قيمة R التي تجعل

التيار المار في الدائرة 0.2 A ؟



$$C = \frac{700}{22} \times 10^{-6} \text{ F} \quad V = 100 \text{ V} \quad f = 50 \text{ Hz} \quad I = 0.2 \text{ A} \quad R = ?$$

$$Z = \frac{V}{I} = \frac{100}{0.2} = 500 \Omega$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{2 \times \frac{22}{7} \times 50 \times \frac{700}{22} \times 10^{-6}} = 100 \Omega$$

$$Z^2 = X_C^2 + R^2$$

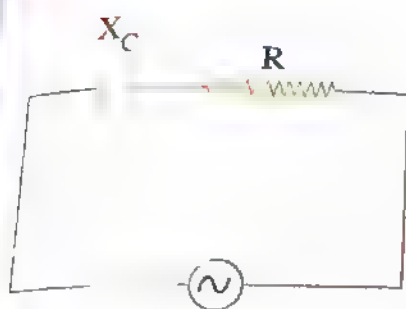
$$\therefore R = \sqrt{Z^2 - X_C^2} = \sqrt{(500)^2 - (100)^2} = 489.9 \Omega$$

42 اختبار نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

1 في الدائرة الكهربائية المقابلة إذا كانت المفاعلة السعوية X_C

ضعف المقاومة الأومية R ، فإن المعاوقة Z تساوى



Ⓐ $\sqrt{2} R$

Ⓑ $3 R$

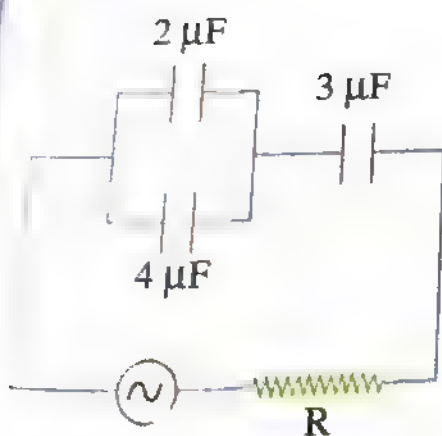
Ⓒ $\sqrt{5} R$

Ⓓ $2 R$

2 في الدائرة الموضحة مصدر متردد تردده 159 Hz والقيمة

العظمى لجهد $V \sqrt{2}$ فإذا كانت زاوية الطور بين الجهد

الكلي والتيار 60° ، فإن قيمة المقاومة R تساوى تقريباً



Ⓐ 242Ω

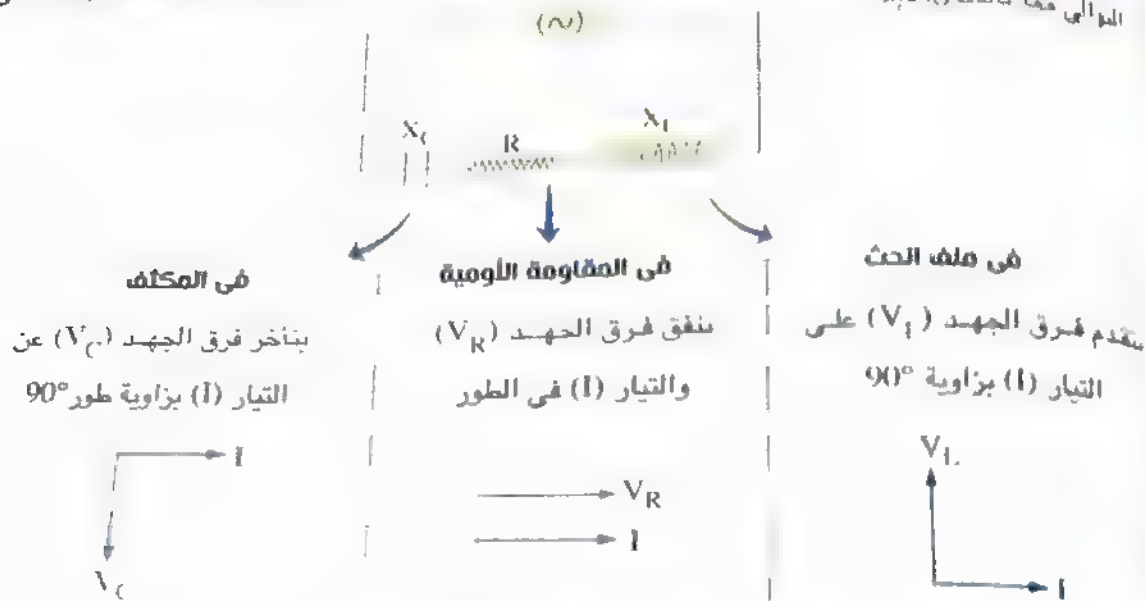
Ⓑ 289Ω

Ⓒ 312Ω

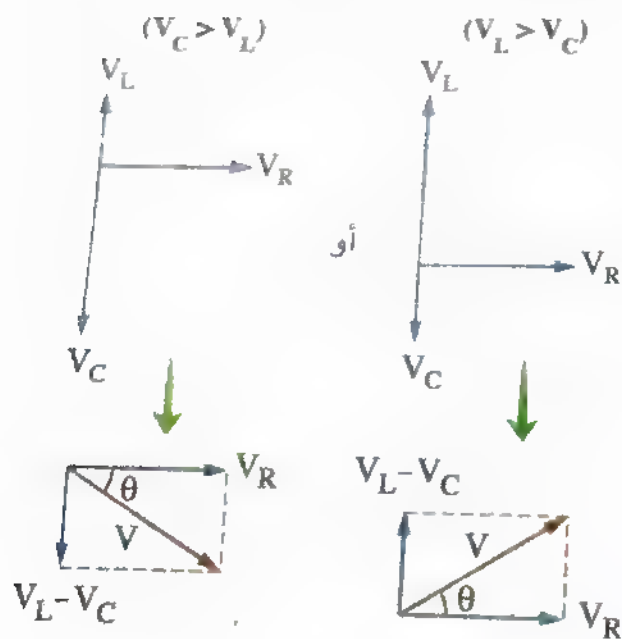
Ⓓ 326Ω

سادساً دائرة تيار متردد تحتوي على مقاومة أومية وملف حث ومكثف متصلة معاً على التوالي RLC

يتمدد ودائرة كهربية تحتوي على مكثف ومقاومة أومية وملف حث ومصدر تيار متردد متصلة جميعاً على التوالي كما بالشكل، فإنه



ويمر نفس التيار في كل من المقاومة وملف الحث ودائرة المكثف أي أن التيار له نفس الطور في كل منها لأنها متصلة معاً على التوالي



مثال:

- يتقدم الجهد في الملف (V_L) عن الجهد في المقاومة (V_R) بزاوية 90° ويتأخر الجهد في المكثف (V_C) عن الجهد في المقاومة (V_R) بزاوية 90° وبذلك يكون فرق الطور بين V_C و V_L يساوي 180°

- يتعين فرق الجهد الكلي (V) باستخدام المتجهات من العلاقة:

$$V = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2}$$

$$\therefore V = IZ \quad , \quad V_R = IR \quad , \quad V_L = IX_L \quad , \quad V_C = IX_C$$

$$\therefore IZ = \sqrt{(IR)^2 + (IX_L - IX_C)^2} = I \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

ملاحظة على 1

$$\tan \theta = \frac{V_L - V_C}{V_R} = \frac{X_L - X_C}{R}$$

يمكن تعيين زاوية الطور (θ) بين الجهد الكلي (V) والتيار (I) من العلاقة :

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{V_R}{R} = \frac{V_L}{X_L} = \frac{V_C}{X_C}$$

- يمكن تعيين شدة التيار الكلي (I) من العلاقة :

* وبالتالي تتأثر زاوية الطور (θ) بتغير قيم المفاعلات الحثية والسعوية فعندما تكون :

$V_L < V_C$ $X_L < X_C$ سالبة أي أنه الجهد الكلي (V) يتأخر عن التيار (I) بزاوية (θ) سعوية	$V_L = V_C$ $X_L = X_C$ مساوية للصفر أي أنه الجهد الكلي (V) يتفق مع التيار (I) في الطور (فرق الطور بينهما = صفر) أومية	$V_L > V_C$ $X_L > X_C$ موجبة أي أنه الجهد الكلي (V) يتقدم على التيار (I) بزاوية (θ) حثية	تكون زاوية الطور (θ) وتكون للدائرة خواص
--	--	--	---

ملاحظات

* في دائرة RL أو RC أو RLC تكون القدرة (P_w) المستهلكة في الدائرة هي القدرة المستهلكة عبر

$$\text{المقاومة الأومية في صورة طاقة حرارية تبعاً للعلاقة : } (P_w = I^2 R = \frac{V_R^2}{R})$$

حيث I ، V_R هي القيم الفعالة للتيار والجهد المتردد على الترتيب.

* لا يمكن جمع الجهود جبرياً في حالة استخدام تيار متردد يمر في دائرة RLC،

لأنه في ملف الحث يتقدم فرق الجهد (V_L) على التيار (I) بزاوية 90° ، وعبر المكثف يتخلف فرق

الجهد (V_C) عن التيار (I) بزاوية 90° ، أما في حالة مقاومة أومية عديمة الحث يكون فرق الجهد والتيار

لهما نفس الطور، وبالتالي لا يمكن جمع الجهود لأنها تعامل كمتجهات فيتم جمعها جمعاً

$$\text{اتجاهياً } (V = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2})$$

مسألة ١

دائرة تيار متردد تحتوي على ملف ومقاومة ومكثف متصلة معاً على التوالي فإذا كان فرق الجهد عبر الملف 80 V وعبر المقاومة 40 V وعبر المكثف 50 V وكان التيار في الدائرة 2 A، احسب:
 (أ) فرق الجهد الكلي.
 (ب) زاوية الطور بين الجهد الكلي والتيار، وما خواص الدائرة.
 (ج) القدرة الحرارية المستهلكة.
 (د) معاوقة الدائرة.

$$V_L = 80 \text{ V} \quad V_R = 40 \text{ V} \quad V_C = 50 \text{ V} \quad I = 2 \text{ A}$$

$$V = ? \quad \theta = ? \quad P_{av} = ? \quad Z = ?$$

$$V = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2}$$

$$= \sqrt{(40)^2 + (80 - 50)^2}$$

$$= 50 \text{ V} \quad (1)$$

$$\tan \theta = \frac{V_L - V_C}{V_R} = \frac{80 - 50}{40} = \frac{30}{40} = \frac{3}{4}$$

$$\theta = 36.87^\circ \quad (2)$$

للدائرة خواص حثية لأن الجهد الكلي (V) يتقدم على التيار (I) بزاوية 36.87°

$$R = \frac{V_R}{I} = \frac{40}{2} = 20 \Omega \quad (3)$$

$$P_{av} = I^2 R = 4 \times 20 = 80 \text{ W}$$

$$Z = \frac{V}{I} = \frac{50}{2} = 25 \Omega \quad (4)$$

مسألة ٢

يولد تيار متردد تردده 400 Hz يعطى فرقاً في الجهد عند طرفي مخرجه 30 V وصل بملف حثي الآتي 0.06 H ومكثف سعته $5 \mu\text{F}$ على التوالي فإذا كانت المقاومة الأومية للدائرة 90Ω ، أوجد:
 (أ) المفاعلة الحثية للملف والمفاعلة السعوية للمكثف.
 (ب) معاوقة الدائرة.
 (ج) شدة التيار.
 (د) زاوية الطور بين الجهد الكلي والتيار.

الحل

$$C = 5 \times 10^{-6} \text{ F} \quad L = 0.06 \text{ H} \quad f = 400 \text{ Hz} \quad V = 30 \text{ V} \quad R = 90 \Omega$$

$$X_L = ? \quad X_C = ? \quad Z = ? \quad I = ? \quad \theta = ?$$

$$X_L = 2\pi fL = 2 \times \frac{22}{7} \times 400 \times 0.06 = 150.86 \Omega$$

(أ)

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{2 \times \frac{22}{7} \times 400 \times 5 \times 10^{-6}} = 79.55 \Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{(90)^2 + (150.86 - 79.55)^2}$$

(ب)

$$= 114.83 \Omega$$

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{30}{114.83} = 0.26 \text{ A}$$

(ج)

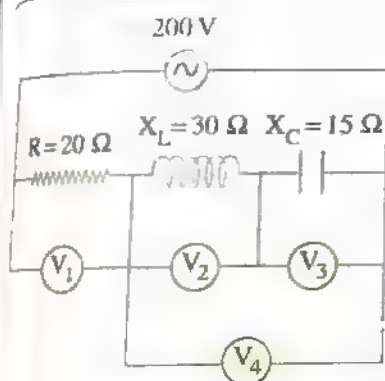
$$\tan \theta = \frac{X_L - X_C}{R} = \frac{150.86 - 79.55}{90}$$

(د)

$$\therefore \theta = 38.39^\circ$$

أداء الجهد الكلى يتقدم على التيار بزاوية قدرها 38.39°

مثال ٣



الشكل المقابل يوضح دائرة تيار متردد تحتوي على مقاومة

أومية وملف حث ومكثف، احسب :

(أ) شدة التيار المار بالدائرة.

(ب) قراءة كل من الفولتميترات الأربعة.

الحل

$$V = 200 \text{ V} \quad R = 20 \Omega \quad X_L = 30 \Omega \quad X_C = 15 \Omega$$

$$I = ? \quad V_1 = ? \quad V_2 = ? \quad V_3 = ? \quad V_4 = ?$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

(1)

$$= \sqrt{(20)^2 + (30 - 15)^2}$$

$$= 25 \Omega$$

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{200}{25} = 8 \text{ A}$$

$$V_1 = IR = 8 \times 20 = 160 \text{ V}$$

$$V_2 = IX_L = 8 \times 30 = 240 \text{ V}$$

$$V_3 = IX_C = 8 \times 15 = 120 \text{ V}$$

$$V_4 = V_2 - V_3$$

$$= 240 - 120$$

$$= 120 \text{ V}$$

43 اختبار نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

1 دائرة تيار متردد تحتوي على مقاومة أومية قيمتها R وملف حث مفاعله الحثية تساوى $3R$ ومكثف مفاعله السعوية تساوى $2R$ متصلة على التوالي، فإن زاوية الطور تساوى

45° (د)

0° (ج)

60° (ب)

30° (أ)

2 ملف دينامو يتكون من 200 لفة مساحة مقطع كل منها $\frac{2}{11} \text{ m}^2$ ويدور الملف بتردد 50 دورة/ث موضوع فى مجال مغناطيسى منتظم كثافة الفيض $2 \times 10^{-2} \text{ T}$ ، فإذا تم توصيل طرفاه بمكثف وملف حث مهمل المقاومة الأومية على التوالي كانت المفاعلة السعوية للمكثف 140Ω والمفاعلة الحثية للملف 110Ω ، فإذا كانت المقاومة الأومية فى الدائرة 40Ω فإن القيمة الفعالة للتيار المار فى الدائرة تساوى

2.64 A (ب)

2.42 A (أ)

4.45 A (د)

3.23 A (ج)

• الدائرة المهتزة.
• دائرة الرنين.



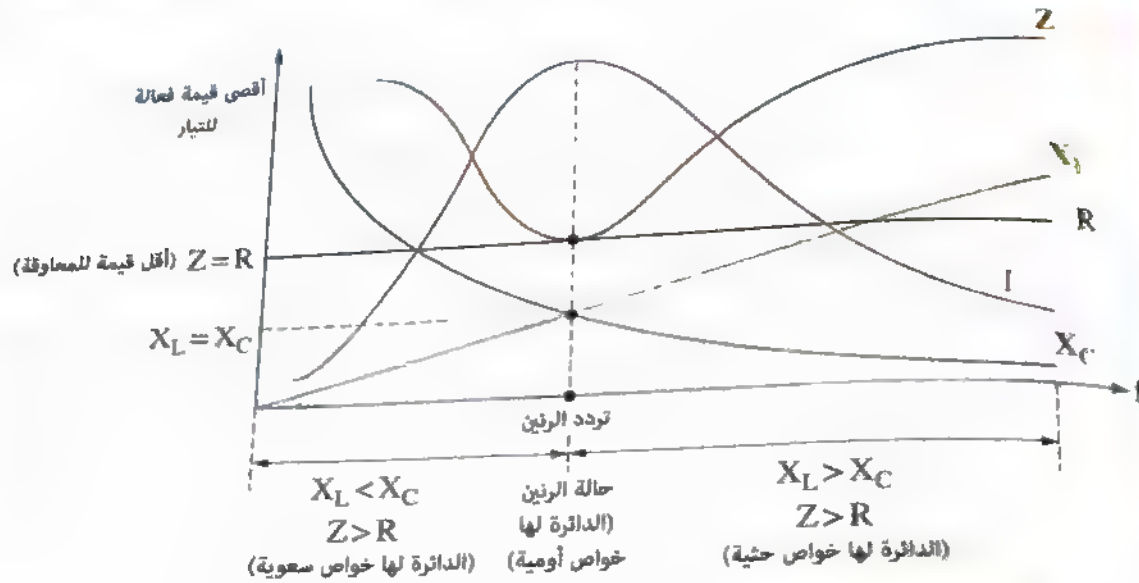
في هذا الدرس سوف نعرف

• حالة الرنين.

• الدائرة المهتزة.

• دائرة الرنين.

درست خلال هذا الفصل العلاقة بين كل من R و X_L و X_C و Z و I وتردد التيار والتي يمكن تحليلها بها بالشكل التالي، ومنه :



تظل قيمة المقاومة الأومية (R) ثابتة بتغير تردد التيار.

تزداد المفاعلة الحثية للملف (X_L) بزيادة تردد التيار ($X_L \propto f$).

تقل المفاعلة السعوية للمكثف (X_C) بزيادة تردد التيار ($X_C \propto \frac{1}{f}$).

مبتدئاً من التردد = صفر، بزيادة تردد التيار :

- تقل معاوقة الدائرة (Z) حتى تصل إلى نهاية صغرى تساوى (R) عندما تكون $X_L = X_C$ وهو ما يطلق عليه

حالة الرنين، ثم تزداد معاوقة الدائرة (Z) بعد ذلك بزيادة تردد التيار :

- تزداد القيمة الفعالة للتيار (I) المار بالدائرة حتى تصل إلى نهاية عظمى (I_{max}) عندما تكون $X_L = X_C$

ثم تقل بعد ذلك بزيادة التردد، ويرجع ذلك إلى أن شدة التيار تتناسب عكسياً مع معاوقة الدائرة.

حالة الرنين

* عندما تكون دائرة RLC فى حالة رنين، فإن :

١ المفاعلة الحثية للملف (X_L) = المفاعلة السعوية للمكثف (X_C) وتلاشى كل منهما تأثير الأخرى.

٢ فرق الجهد بين طرفى الملف (V_L) = فرق الجهد بين طرفى المكثف (V_C).

٣ فرق الجهد بين طرفى المقاومة (V_R) = فرق الجهد الكلى بين طرفى المصدر المتردد (V).

المعبرة عن معاوقة الدائرة وتساوى المقاومة الأومية ($Z = R$).

- ٥ الدائرة يمر فيها أكبر قيمة فعالة للتيار وتحسب من العلاقة $(I = \frac{V}{R})$.
- ٦ التيار يتفق مع فرق الجهد الكلى فى الطور أى أن زاوية الطور بينهما $(\theta) = 0$ = صفر.
- ٧ تردد الدائرة (تردد الرنين) مساوى لتردد المصدر.
- إذا تحقق أحد هذه الشروط تتحقق باقى الشروط.

استنتاج تردد الرنين

* فى حالة الرنين تتساوى المفاعلة الحثية مع المفاعلة السعوية :

$$X_L = X_C$$

$$\therefore 2\pi fL = \frac{1}{2\pi fC}$$

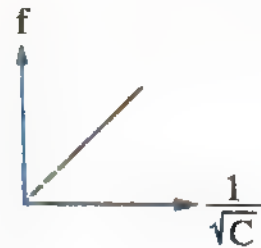
$$f^2 = \frac{1}{4\pi^2 LC}$$

$$\therefore f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

العوامل التى يتوقف عليها تردد الرنين

١ سعة المكثف :

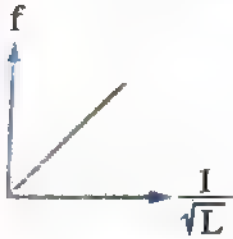
يتناسب تردد الرنين تناسباً عكسياً مع الجذر التربيعى لسعة المكثف.



$$\text{slope} = \frac{\Delta f}{\Delta\left(\frac{1}{\sqrt{C}}\right)} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L}}$$

٢ معامل الحث الذاتى للملف :

يتناسب تردد الرنين تناسباً عكسياً مع الجذر التربيعى لمعامل الحث الذاتى للملف.



$$\text{slope} = \frac{\Delta f}{\Delta\left(\frac{1}{\sqrt{L}}\right)} = \frac{1}{2\pi\sqrt{C}}$$

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

مثال

أوجد تردد التيار فى دائرة RLC فى حالة رنين إذا كان معامل الحث الذاتى للملف 16 mH وسعة المكثف 4.9 μF

٧ الحل

$$L = 16 \text{ mH} \quad C = 4.9 \text{ } \mu\text{F} \quad f = ?$$

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2 \times \frac{22}{7} \times \sqrt{16 \times 10^{-3} \times 4.9 \times 10^{-6}}} = 568.18 \text{ Hz}$$

في حالة المقارنة بين ترددي دائرتي رنين فإن

$$\frac{f_1}{f_2} = \sqrt{\frac{L_2 C_2}{L_1 C_1}}$$

مثال

دائرة RLC في حالة رنين بها مكثف C_1 سعته $18 \mu F$ وتردد الرنين لها $2 \times 10^4 \text{ Hz}$ فإذا تم تغيير المكثف بنخر C_2 أصبح تردد الرنين للدائرة $3 \times 10^4 \text{ Hz}$ ، احسب سعة المكثف الثاني (C_2).

الحل

$$C_1 = 18 \mu F \quad f_1 = 2 \times 10^4 \text{ Hz} \quad f_2 = 3 \times 10^4 \text{ Hz} \quad C_2 = ?$$

$$\frac{f_1}{f_2} = \sqrt{\frac{C_2}{C_1}} \quad , \quad \frac{2 \times 10^4}{3 \times 10^4} = \sqrt{\frac{C_2}{18}}$$

$$\frac{4}{9} = \frac{C_2}{18} \quad , \quad C_2 = 8 \mu F$$

اختبر نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

1 في دائرة الرنين إذا زاد تردد التيار لأربعة أمثاله، فأى من التغييرات الآتية يؤدي للاحتفاظ بحالة الرنين في الدائرة ؟

- أ) زيادة سعة المكثف للضعف وزيادة معامل الحث الذاتى لأربعة أمثال
- ب) زيادة سعة المكثف للضعف ونقص معامل الحث الذاتى للنصف
- ج) زيادة سعة المكثف للضعف وزيادة معامل الحث الذاتى للضعف
- د) نقص سعة المكثف للربع ونقص معامل الحث الذاتى للربع

2 دائرة RLC في حالة رنين تتكون من ديانمو للتيار المتردد ومكثف ومقاومة أومية وملف حث مهمل المقاومة الأومية جميعها متصلة على التوالي، فإن الدائرة تظل في حالة رنين بالرغم من تغيير مقدار

- أ) سرعة دوران ملف الدينامو
- ب) سعة المكثف
- ج) المقاومة الأومية
- د) معامل الحث الذاتى للملف

الدائرة المهتزة Oscillator Circuit

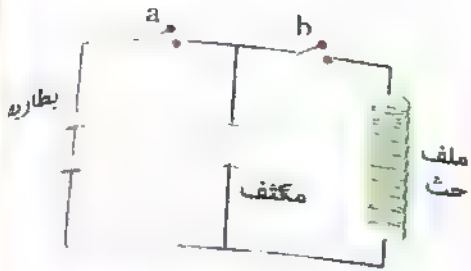
الدائرة المهتزة
دائرة كهربية يحدث بها تبادل للطاقة المخزنة في ملف حث على هيئة مجال مغناطيسي مع الطاقة المخزنة في مكثف على هيئة مجال كهربى.

الاستخدام

تستخدم فى أجهزة إرسال الموجات اللاسلكية.

التركيب

- ١ ملف حث له مقاومة صغيرة جداً.
- ٢ مكثف.
- ٣ مصدر تيار مستمر (بطارية).
- ٤ مفتاحين a , b



شرح العمل

١ عند غلق المفتاح a وترك المفتاح b مفتوحاً :

- يمر تيار لحظى من البطارية إلى المكثف بسبب شحن لوح المكثف المتصل بالقطب الموجب للبطارية بشحنة موجبة وشحن لوح المكثف المتصل بالقطب السالب للبطارية بشحنة سالبة.
- يتوقف مرور التيار الكهربى عندما يتساوى فرق الجهد بين لوحى المكثف مع فرق جهد البطارية.

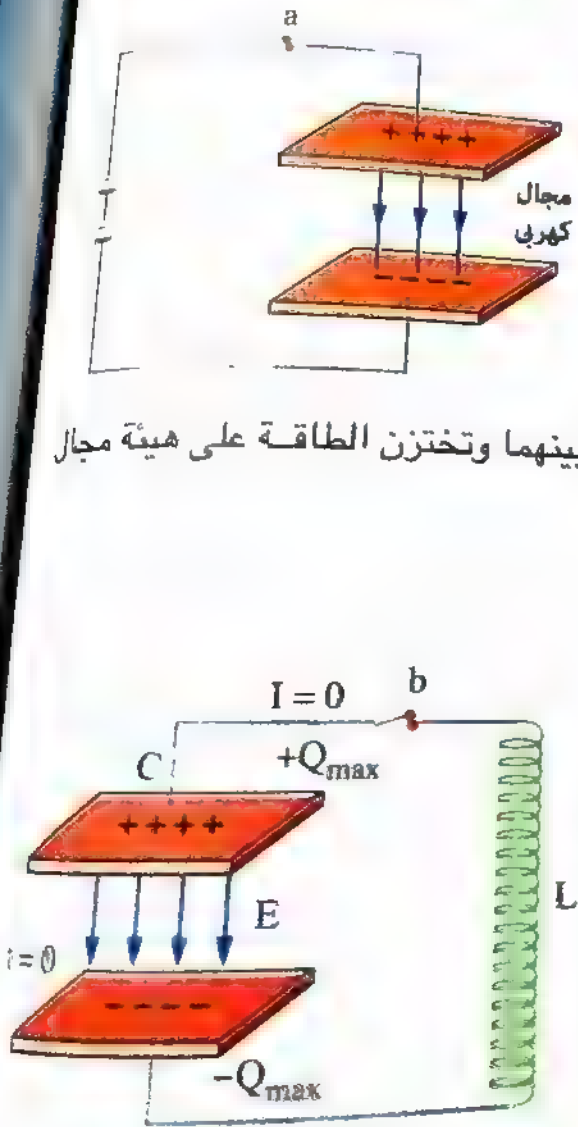
- نتيجة وجود فرق جهد بين لوحى المكثف يتولد مجال كهربى بينهما وتخزن الطاقة على هيئة مجال كهربى.

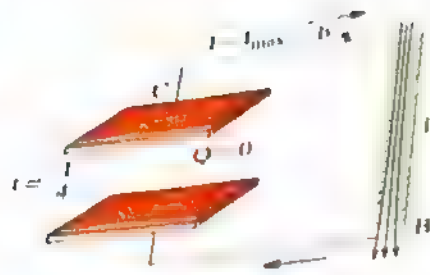
- عند فتح المفتاح a يبقى المكثف مشحوناً.

٢ عند غلق المفتاح b والإبقاء على المفتاح a مفتوح :

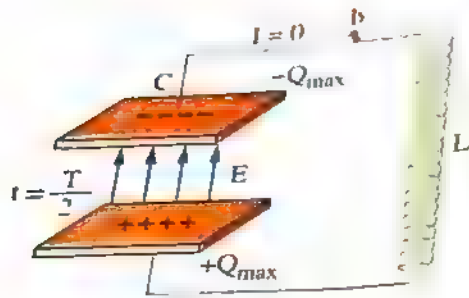
- يبدأ المكثف تفريغ شحنته من اللوح الموجب إلى اللوح السالب خلال الدائرة الخارجية (عبر الملف)، وأثناء تناقص الشحنة المتراكمة على المكثف يقل فرق الجهد تدريجياً بين لوحيه وتقل الطاقة المخزنة فيه على هيئة مجال كهربى.

- بزيادة المعدل الزمنى للتغير فى الشحنة التى يفرغها المكثف تزداد قيمة التيار المار فى الملف مما يؤدى إلى زيادة شدة المجال المغناطيسى حول الملف وزيادة الطاقة المخزنة فيه على هيئة مجال مغناطيسى.



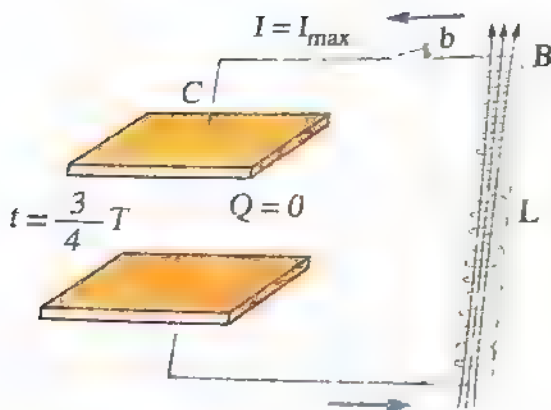


عندما يفرغ المكثف شحنته بالكامل ينعدم فرق الجهد بين لوحيه وتصبح شدة التيار المار في الملف قيمة عظمى وتكون الطاقة الكهربائية التي كانت مخزنة في المكثف قد تحولت بالكامل إلى طاقة مغناطيسية مخزنة بالملف.

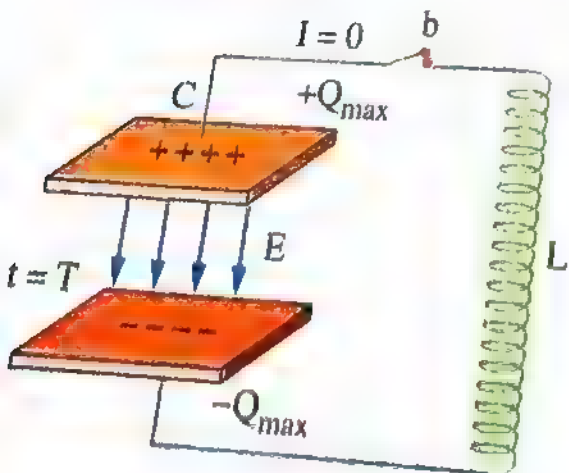


تبدأ شدة التيار خلال الملف في التناقص لعدم وجود فرق جهد بين لوحى المكثف مما يؤدي إلى تولد قوة دافعة كهربية مستحثة طردية بالحث الذاتي تؤدي إلى سحب المزيد من الشحنة الكهربائية من اللوح الذي كان موجباً في اتجاه اللوح الأخر.

يُشحن لوح المكثف تدريجياً بشحنة معاكسة لما كانت عليه شحنته ويزداد فرق الجهد بين لوحيه وتتحول الطاقة المغناطيسية المخزنة في الملف تدريجياً إلى طاقة كهربية في المكثف.

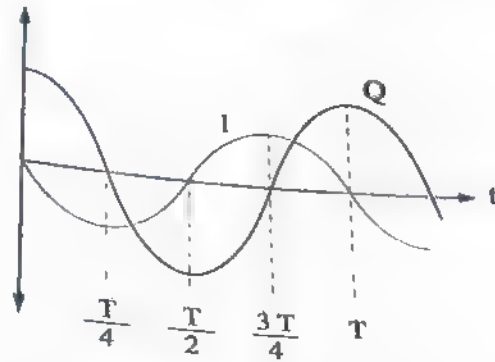


عندما يكتمل شحن المكثف يصل كل من فرق الجهد وشدة المجال الكهربى بين لوحيه إلى قيمة عظمى وتكون الطاقة المغناطيسية التي كانت مخزنة بالملف قد تحولت بالكامل إلى طاقة كهربية مخزنة بالمكثف.



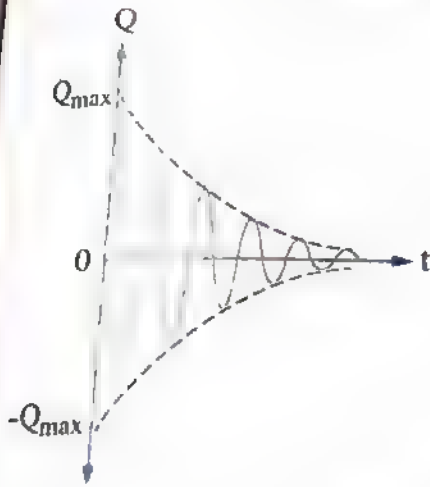
وهكذا تتكرر عمليتي التفريغ والشحن وتحدث اهتزازات كهربية سريعة جداً في الدائرة (أى يمر بها تيار متردد تردده f) يحدث خلالها تبادل الطاقة باستمرار بين المجالين الكهربى والمغناطيسى.

* ويمكن تلخيص التغيرات الحادثة في الشحنة المتراكمة على لوحى المكثف وشدة التيار المار في الملف في الشكل البياني التالي :



ملاحظات

* تتوقف عملية الشحن والتفريغ في الدائرة المهتزة بعد فترة،
لوجود مقاومة في الملف وأسلاك التوصيل فيتحول جزء من الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية مما يؤدي إلى فقد تدريجي في الطاقة الكهربائية فتقل شدة التيار المتردد في الدائرة تدريجياً ويقل أقصى فرق جهد بين لوحى المكثف تدريجياً إلى أن ينعدم وتتوقف عمليتي الشحن والتفريغ وينعدم التيار.



* لكي تستمر عملية الشحن والتفريغ في الدائرة المهتزة يجب تغذية المكثف بشحنات إضافية كل فترة،

للتعويض الفقد المستمر في الطاقة الكهربائية الناتج عن مقاومة الملف والأسلاك الأخرى.

* يمثل الشكل البياني المقابل اضمحلال الشحنة على لوحى المكثف بمرور الزمن (ذبذبة مضمحلة).

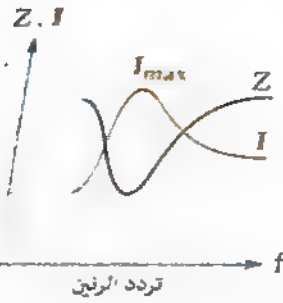
دائرة الرنين (التوليف) Resonant (Tuning)

دائرة الرنين

دائرة تحتوي على مقاومة وملف وحث ومكثف ومصدر متردد ولا تسمح إلا بمرور التيار الذي يتفق تردده مع ترددها أو يكون قريباً جداً منه.

الاستخدام
تستخدم في أجهزة الاستقبال اللاسلكي لاختيار موجة البث المراد استقبالها.

التردد



شرح العمل
عند تغيير تردد المصدر الكهربائي المتردد فإن القيمة الفعالة للتيار تتغير حيث :
- تقل كلما زاد الفرق بين تردد المصدر وتردد الدائرة.
- تزيد كلما قل الفرق بين تردد المصدر وتردد الدائرة.
- تكون أكبر ما يمكن إذا أصبح تردد المصدر مساوياً لتردد الدائرة (أي عندما تتساوى المفاعلة الحثية مع المفاعلة السعوية) وتكون الدائرة في حالة رنين.

* مما سبق نستنتج أنه : إذا أثر في دائرة توليف مصادر كهربية مختلفة التردد في وقت واحد فإن الدائرة لا تسمح إلا بمرور التيار الذي يتفق تردده مع تردد الدائرة أو يكون قريباً جداً منه وتكون الدائرة في تلك اللحظة في حالة رنين.

ملاحظات

* يمكن تغيير تردد المصدر أو سعة المكثف أو معامل الحث الذاتي للملف حتى يتفق تردد الدائرة مع تردد المصدر (الموجة الكهرومغناطيسية).

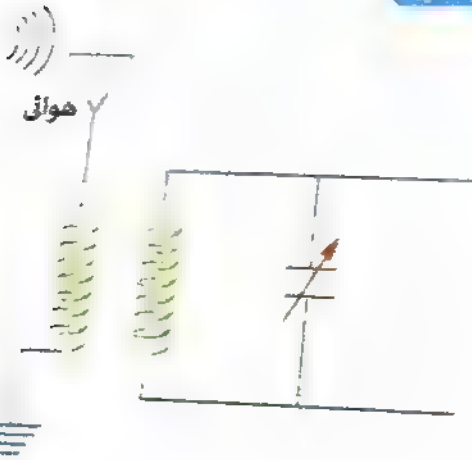
* يمكن تشبيه ما يحدث في دائرة الرنين بالرنين في الصوت فمثلاً عندما يتساوى تردد شوكتين رنانتين مهترتين تقوى شدة الصوت وعند اختلاف ترددهما تضعف شدة الصوت.

عمل دائرة الرنين في أجهزة الاستقبال اللاسلكي

* تتصل دائرة التوليف (الرنين) في جهاز الاستقبال اللاسلكي بهوائي جهاز الاستقبال (الإيريال).

* تصل إلى الهوائي موجات محطات الإذاعة المختلفة ولكل منها تردد معين.

* تؤثر هذه الترددات على الهوائي وتولد في ملفه تيارات مختلفة لها نفس تردد المحطات الإذاعية.



* تضيق دائرة الرنين في جهاز الاستقبال حتى تسمح فقط بمرور التيار المعبر عن الموجة اللاسلكية الذي بنفس تردده مع تردد الدائرة وعندما تريد الاستماع إلى إذاعة معينة فإنك تغير من تردد الدائرة بتغيير سعة المكثف (C) أو معامل الحث الذاتي للملف (L) فيمر التيار الذي يتفق تردده مع تردد الدائرة ثم يمر في جهاز الاستقبال ليخضع لعمليات معينة مثل التكبير والتقويم وفصل التيار المعبر عن الصوت الذي يمر في السماعة.

مطاب عنها

45 اختبار نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة

1 في دائرة الاستقبال اللاسلكي يمر في الدائرة أقصى تيار إذا كان تردد الموجة الكهرومغناطيسية ... تردد الدائرة.

أ) ضعف

ب) نصف

ج) يساوي

د) ثلاثة أمثال

2 النسبة بين معاوقة دائرة استقبال في حالة رنين عند استقبالها إشارة لاسلكية بتردد f ومعاوقتها في حالة رنين أخرى عند استقبالها إشارة لاسلكية أخرى بتردد $2f$ تكون

أ) 0.25

ب) 0.5

ج) 1

د) 2



سلوكية الذي
تغيير سعة
في جهاز
السماعة.

مخاطب عنها

سسية

الوحدة الثانية
مقدمة
للمنظمة الحديثة

المنظمة

5



في هذا الدرس سوف نتعرف :

◀ إشعاع الجسم الأسود.

◀ أنبوبة شعاع الكاثود.

◀ الخلية الكهروضوئية.

* يشدح كل ما درسناء فى الفصول السابقة تحت ما يسمى الفيزياء الكلاسيكية، وهى الفيزياء التى
المشاهدات اليومية والتجارب المعتادة مثل : ميكانيكا نيوتن، والحرارة والكهرومغناطيسية والموجات
فى نهاية القرن التاسع عشر وبداية القرن العشرين أفضت العديد من التجارب والظواهر المكتشفة
نتائج لا تتفص لتفسيرات قوانين الفيزياء الكلاسيكية، مثل :

- الظواهر الإلكترونية التى هى أساس نظم الإلكترونيات والاتصالات الحديثة.
- دراسة الأطياف الذرية.
- التفاعلات الكيميائية على مستوى الجزيء.

* فى محاولة لتفسير هذه المشاهدات نشأ فرع جديد يطلق عليه فىروا الكم، وهو فرع يتعامل مع الظواهر التى
على المستوى الذرى أو دون الذرى والتى قد لا نراها فى حياتنا اليومية بصورة مباشرة ولكن ندرك أثرها
* مما سبق يمكن تعريف كل من الفيزياء الكلاسيكية وفيزياء الكم كالتالى :

فيزياء الكم

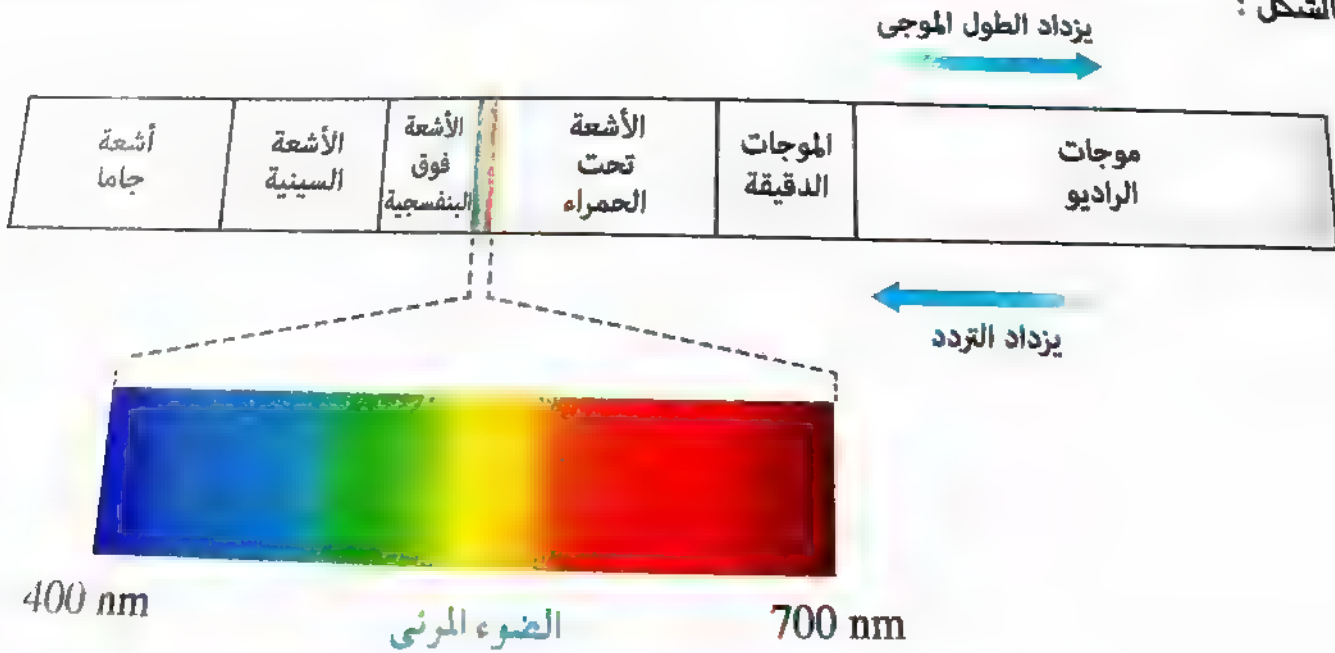
الفيزياء التى تمكننا من دراسة وتفسير ظواهر على المستوى
الذرى مثل دراسة الأطياف الذرية والظواهر الإلكترونية أو
على مستوى الجزيء مثل دراسة التفاعلات الكيميائية

الفيزياء الكلاسيكية

الفيزياء التى تمكننا من تفسير المشاهدات اليومية
والتجارب المعتادة مثل دراستنا للحرارة والكهرباء
والموجات كالصوت والضوء وخصائصها.

الطيف الكهرومغناطيسى فى الفيزياء الكلاسيكية

* تصور علماء الفيزياء الكلاسيكية الضوء على أنه موجات كهرومغناطيسية تختلف فى التردد والطول الموجى
كما بالشكل :



* نلاحظ من الشكل السابق أن الطيف الكهرومغناطيسى يتضمن الضوء المرئى كأحد مكوناته.

الخصائص الموجية للطيف الكهرومغناطيسي

١. الانتشار في خطوط مستقيمة.
 ٢. الانعكاس والانكسار والتداخل والحيود.
 ٣. لا يحتاج وسط مادي لانتشاره.
 ٤. ينتشر في الفراغ بسرعة ثابتة قدرها 3×10^8 m/s.
 ٥. يتناسب الطول الموجي (λ) للإشعاع الكهرومغناطيسي المنتشر في وسط ما تناسبًا عكسيًا مع تردده (ν) فاشعة جاما أقصرها في الطول الموجي وأعلىها في التردد.
- * سندرس في هذا الفصل بعض الظواهر التي لم يتمكن الفيزياء الكلاسيكية من تفسيرها ولكن تم تفسيرها من طريق فيزياء الكم، ومنها :



أولاً إشعاع الجسم الأسود Blackbody Radiation

* معظم الأجسام تعكس جزء من الإشعاع الساقط عليها وتمتص جزء ثم تعيد إشعاع جزء من الإشعاع الممتص إلى الوسط المحيط بها،

ولكن هناك نظام (جسم) مثالي يمتص كل ما يسقط عليه من أشعة ذات أطوال موجية مختلفة (ممتص مثالي) ثم يعيد إشعاعها مرة أخرى (باعث مثالي) يطلق عليه الجسم الأسود، وهو جسم افتراضي غير موجود في الطبيعة.

* قام العلماء بتشبيه إشعاع الجسم الأسود بتجويف مغلق به ثقب صغير وما بداخل هذا التجويف يبدو أسود وذلك لأن :

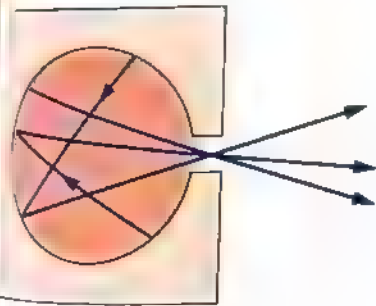
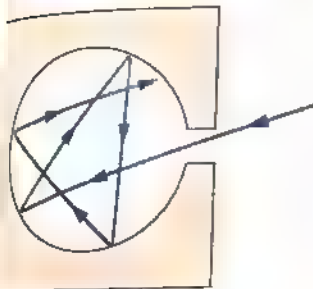
- معظم الإشعاع يظل محصوراً بداخل التجويف نتيجة الانعكاسات المتتالية.

- لا يخرج من هذا الإشعاع إلا جزء صغير (حسب درجة حرارة التجويف) يمكن اعتباره إشعاع صادر عن جسم أسود.

* مما سبق يمكن تعريف الجسم الأسود كالتالي :

الجسم الأسود

جسم يمتص كل ما يسقط عليه من أشعة ذات أطوال موجية مختلفة (ممتص مثالي) ثم يعيد إشعاعها مرة أخرى (باعث مثالي).



تصور للجسم الأسود

الأجسام المتوهجة والأجسام غير المتوهجة

يُقسم الأجسام التي تبعث منها إشعاع كهرومغناطيسي إلى:

أجسام متوهجة

أجسام يصدر منها مدى طيفي واسع من الإشعاع الضوئي والإشعاع الحراري

الشمس ، فتلة المصباح ، النجوم ، قطعة الفحم المتقدة

مثل

أجسام غير متوهجة

أجسام يكون معظم الإشعاع الصادر منها في مدى الإشعاع الحراري

الأرض

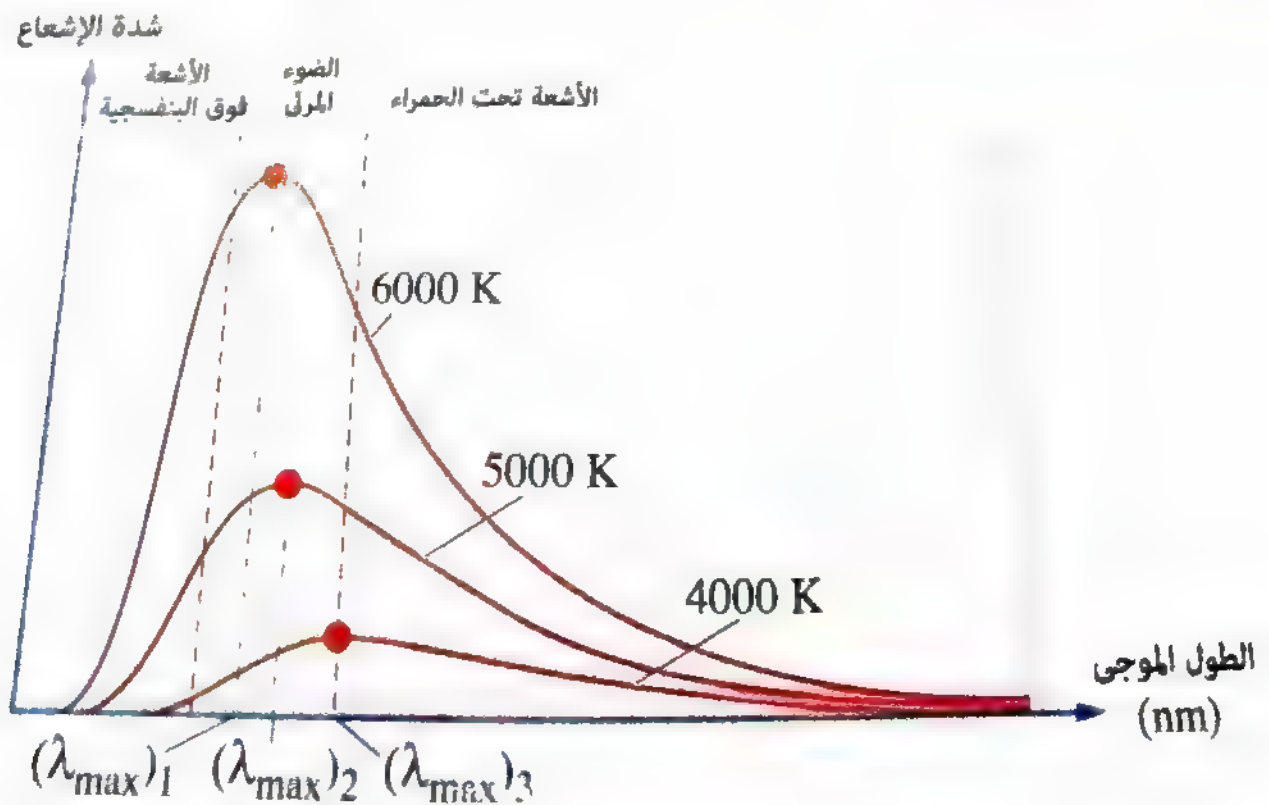
تمثل المشكلة الرئيسية في دراسة إشعاع الجسم الأسود في تفسير توزيع الأطوال الموجية لهذا الإشعاع وقد لاحظ العلماء أن مدى وشدة الإشعاع الكهرومغناطيسي المنبعث من الجسم يختلف باختلاف درجة حرارته، لأن الأجسام لا تشع كل الأطوال الموجية بنفس الشدة ولكن تختلف شدة الإشعاع (المعدل الزمني للطاقة التي يشعها الجسم لوحدة المساحة) حسب الطول الموجي، والطول الموجي الذي له أقصى شدة إشعاع يتوقف على درجة حرارة الجسم لذلك يتغير اللون الغالب على الضوء الصادر من الجسم بتغير درجة حرارته.

ملحني بلانك

Planck's Distribution

من خلال دراسة الإشعاعات الصادرة من أجسام مختلفة عند درجات حرارة مطلقة مختلفة وضع منحنى بياني يوضح هذه العلاقة يسمى منحنى بلانك.

منحنى يوضح العلاقة البيانية بين شدة الإشعاع الصادر من الجسم المشع والطول الموجي للطيف المنبعث عند درجة حرارة معينة.



من الشكل السابق يمكن وصف المنحنى بـ (1) كالتالي :

(1) عند الأطوال الموجية الطويلة جدًا والقصيرة جدًا تقترب شدة الإشعاع من الصفر.

(2) عند قيمة من الأطوال الموجية (λ_{max}) تكون شدة الإشعاع قيمة عظمى (قمة المنحنى).

(3) إذا كانت درجة حرارة الجسم مبردة الشدة الكلية للإشعاع الصادر عنه وتزداد المساحة تحت المنحنى ومردا من الأطوال الموجية للأشعة ويقل الطول الموجي (λ_{max}) الذي يقابل أقصى شدة إشعاع أي من

قمة المنحنى جهة أطوال موجية أقصر.

(4) يكرر هذا المنحنى مع كل الأجسام الساخنة التي تشع طيفًا متصلًا.

فمثلًا الإشعاع الصادر من :

الشمس	فتيلة مصباح متوهج	سطح الأرض
درجة حرارة الجسم	3000 K	300 K تقريبًا
الطول الموجي الذي عنده أقصى شدة إشعاع يقع في منطقة	الأشعة تحت الحمراء	الأشعة تحت الحمراء
($\lambda_{max} = 0.5 \mu m = 5000 \text{ nm}$)	($\lambda_{max} = 1 \mu m = 1000 \text{ nm}$)	($\lambda_{max} = 10 \mu m = 10000 \text{ nm}$)
نسبة توزيع الإشعاع الصادر	نسبة توزيع الإشعاع الصادر	نسبة توزيع الإشعاع الصادر
50% أشعة تحت حمراء 40% ضوء مرئي 10% باقى مناطق الطيف	80% أشعة تحت حمراء 20% ضوء مرئي	معظمه أشعة تحت حمراء

* من المشاهدات السابقة يتضح أن :

الطول الموجي الذي تصاحبه أقصى شدة إشعاع يتناسب عكسيًا

مع درجة الحرارة المطلقة للجسم المشع ($\lambda_{max} \propto \frac{1}{T}$) ، وهو

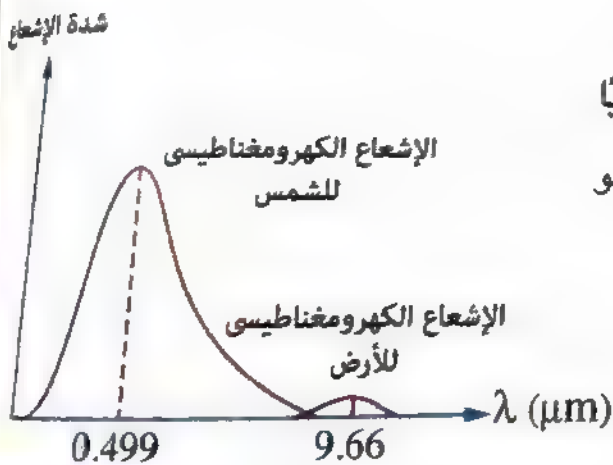
ما يطلق عليه قانون فين،

أي أنه إذا تغيرت درجة الحرارة المطلقة للجسم الأسود

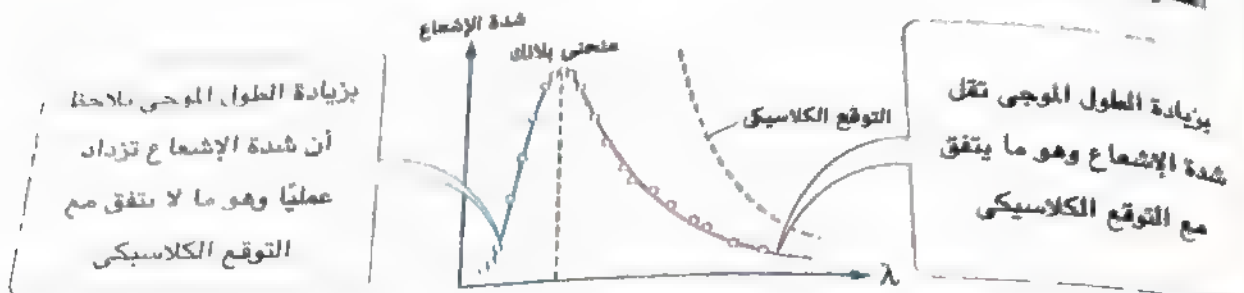
من T_1 إلى T_2 يتغير الطول الموجي المصاحب لأقصى

شدة إشعاع من $(\lambda_{max})_1$ إلى $(\lambda_{max})_2$ ، بحيث يكون :

$$\frac{(\lambda_{max})_1}{(\lambda_{max})_2} = \frac{T_2}{T_1}$$



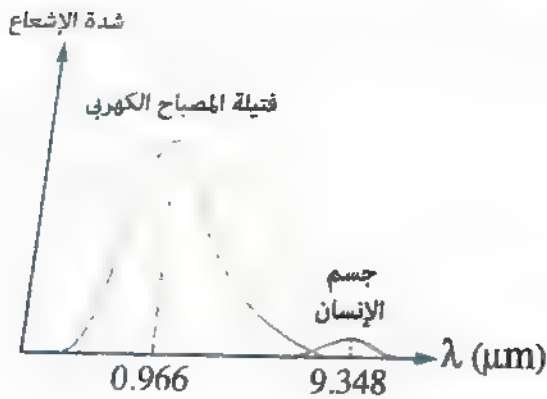
لم تتمكن الفيزياء الكلاسيكية من تفسير هذه المشاهدات، لأنها تعتبر أن الإشعاع موجات كهرومغناطيسية متصلة وبالتالي فإنه من المتوقع زيادة شدة الإشعاع مع زيادة التردد (تقص الطول الموجي) بينما وجد عملياً أن شدة الإشعاع تقل عند الترددات العالية (الاطوال الموجية القصيرة) كما بالشكل.



ملاحظة

يوضح اللون الظاهر للإشعاع الناتج عن تسخين جسم حتى يصبح مضيء من الأحمر إلى الأصفر ثم أخيراً إلى الأزرق كلما زادت درجة الحرارة، لأنه طبقاً لقانون فين تقل قيمة الطول الموجي المصاحب لأقصى شدة إشعاع بزيادة درجة حرارة الجسم فيتحول اللون الغالب للإشعاع الصادر من الأحمر (طول موجي كبير) إلى الأزرق (طول موجي صغير) تدريجياً مروراً باللون الأصفر.

مثال



الشكل البياني المقابل يوضح العلاقة بين شدة الإشعاع المنبعث من جسم الإنسان وفتيلة مصباح كهربائي مع الطول الموجي للإشعاع المنبعث، فإذا علمت أن درجة حرارة جسم الإنسان 310 K، احسب درجة حرارة فتيلة المصباح الكهربائي.

الحل

$$(\lambda_{\max})_1 = 9.348 \mu\text{m} \quad (\lambda_{\max})_2 = 0.966 \mu\text{m} \quad T_1 = 310 \text{ K} \quad T_2 = ?$$

$$\frac{(\lambda_{\max})_1}{(\lambda_{\max})_2} = \frac{T_2}{T_1}, \quad \frac{9.348}{0.966} = \frac{T_2}{310}$$

$$T_2 = 2999.88 \text{ K}$$

46 اختبار نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

١ سخّن قضيب من الحديد تدريجياً فلاحظ ظهور ألوان مختلفة للإشعاع الصادر عنه عند درجات حرارة معينة، فما لون الإشعاع السائد الذي يظهر أولاً أثناء تسخينه ؟

- (أ) البرتقالي (ب) الأحمر
(ج) الأبيض (د) الأزرق

٢ نجم x الطول الموجي الذي له أقصى شدة إشعاع صادر عنه يقع في منطقة الطيف المرئي ونجم آخر y الطول الموجي الذي له أقصى شدة إشعاع صادر عنه يقع في منطقة الأشعة تحت الحمراء وبالتالي فإن درجة حرارة سطح النجم x

- (أ) أكبر من درجة حرارة سطح النجم y
(ب) أقل من درجة حرارة سطح النجم y
(ج) تساوي درجة حرارة سطح النجم y
(د) تقترب من 237 على تدرج كلفن

تفسير بلانك (عام ١٩٠٠م) للإشعاع الجسم الأسود

* استطاع بلانك أن يفسر ظاهرة إشعاع الجسم الأسود بفرض عدة فروض هي :

١ يتكون الإشعاع من بلايين من وحدات أو دقات صغيرة من الطاقة تسمى كل منها كوانتوم أو كي (أطلق عليه فيما بعد فوتون) لا نلاحظها منفصلة ولكن نلاحظ خواص الإشعاع الصادر ككل، وهذه الخواص هي الخواص الكلاسيكية للموجات.



٢ طاقة كل فوتون $E = h\nu$ ، حيث h ثابت بلانك ويساوي $6.625 \times 10^{-34} \text{ J.s}$ ، التردد (ν) .

٣ تصدر الفوتونات نتيجة تذبذب ذرات الجسم الذي يصدر الإشعاع.

٤ طاقة الذرات المتذبذبة منفصلة ومكّمة وتأخذ مستويات الطاقة قيم $E = nh\nu$

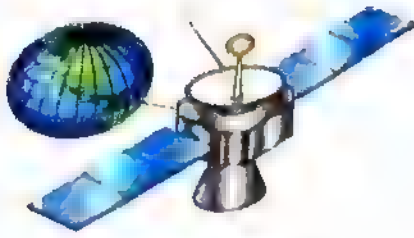
٥ عند انتقال الذرة المتذبذبة من مستوى أعلى للطاقة إلى مستوى أدنى للطاقة يصدر فوتون طاقته $E = h\nu$

٦ لا يصدر إشعاع من الذرات طالما كانت مستقرة في مستوى طاقتها الأصلي (المستوى الأرضي).

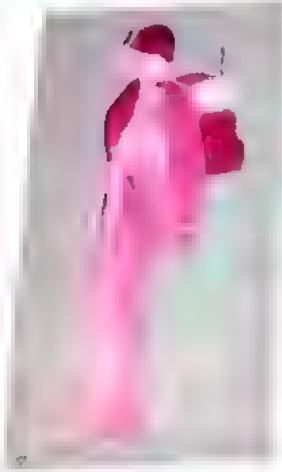
٧ بزيادة تردد الإشعاع تزداد طاقة الفوتونات ويقل عددها المنبعث من الجسم المشع

أي أن عند الأطوال الموجية القصيرة جداً (الترددات العالية جداً) تقل شدة الإشعاع وتقترب من الصفر

تطبيقات على الإشعاع الصادر من الأجسام المختلفة



صورة من سطح الأرض



١ تحديد مصادر الثروة الطبيعية حيث يمكن تصوير سطح الأرض باستخدام مناطق الطيف المختلفة (الأشعة تحت الحمراء المنبعثة من سطح الأرض - الضوء المرئي المنعكس عن سطح الأرض - الموجات الميكرومترية «موجات الميكروويف» المستخدمة في الرادار) عن طريق أقمار صناعية وأجهزة قياس محمولة جواً وأجهزة أرضية وتسمى هذه التقنية الاستشعار عن بُعد.

٢ التطبيقات العسكرية مثل أجهزة الرؤية الليلية لرؤية الأجسام المتحركة في الظلام بفعل ما تشعه من إشعاع حراري.

٣ يستخدم التصوير الحراري في الطب خاصة في مجال اكتشاف الأورام وعلم الأجنة.

٤ يستخدم التصوير الحراري في علم البحث الجنائي والأدلة الجنائية حيث يبقى الإشعاع الحراري للجسم فترة حتى بعد تركه المكان.

الانبعاث الحراري والتأثير الكهروضوئي Thermionic Emission and Photoelectric Effect

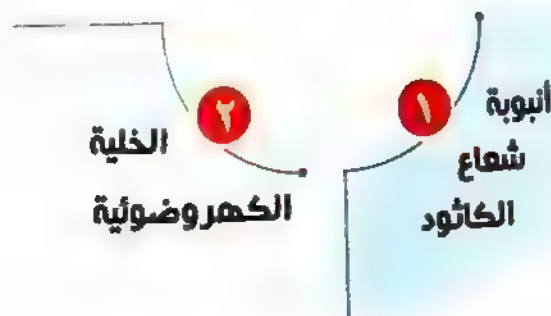
ثانياً

* يحتوى أى فلز على أيونات موجبة وإلكترونات حرة تستطيع أن تتحرك حول الأيونات الموجبة داخل الفلز ولكنها لا تستطيع أن تقاومه بسبب قوى التجاذب التي تجذبها دائماً للداخل، وتسمى هذه القوى حاجز جهد السطح.

حاجز جهد السطح

قوى التجاذب التي تجذب الإلكترونات إلى داخل الفلز وتمنع تحررها من سطحه.

* إذا اكتسبت هذه الإلكترونات طاقة حرارية أو ضوئية يمكن أن تتحرر من الفلز إذا كانت هذه الطاقة كافية للتغلب على حاجز جهد السطح وهذه هي فكرة عمل :



البوبة شعاع الكاثود Cathode Ray Tube

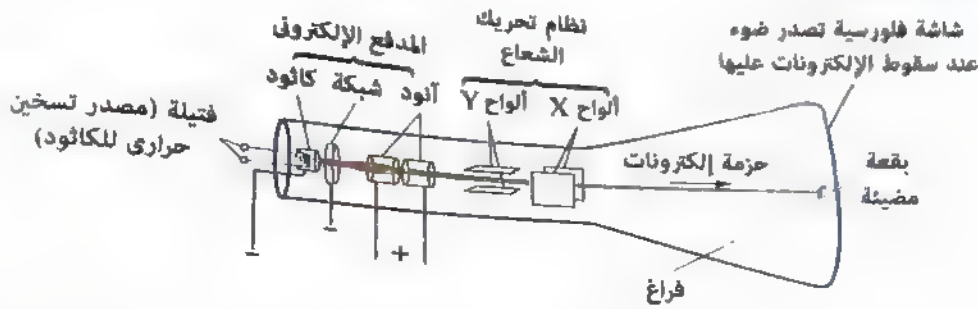
الاستخدام

تستخدم في شاشات التلفزيون والكمبيوتر.

الأساس العلمي

انطلاق إلكترونات من سطح فلز عند تسخينه (الانبعاث الأيوني الحراري أو الظاهرة الكهروحرارية).

التركيب وطريقة العمل



- 1 سطح معدني سالب الجهد يسمى المهبط أو الكاثود يتم تسخينه بواسطة فتيلة تسخين فتنتطلق بعض الإلكترونات من الكاثود بفعل الحرارة متقلبة على حاجز جهد سطح معدن الكاثود.
- 2 شبكة يتم بواسطتها التحكم في شدة الشعاع الإلكتروني حسب شدة الإشارة الكهربائية المستقبلية وبالتالي تتحكم في شدة إضاءة الشاشة الفلورية عند اصطدام الشعاع الإلكتروني بها.
- 3 مصعد موجب الجهد مجوف (أنود) مواجه للمهبط ويوجد بين المهبط والمصعد فرق جهد مستمر يعمل على تعجيل الإلكترونات وتنظيمها للحصول على شعاع إلكتروني.
- 4 شاشة فلورية تعطي وميضاً عند اصطدام الشعاع الإلكتروني بها وتتصل بالمصعد (الأنود) موجب الجهد فيمر تيار في الدائرة الخارجية.
- 5 مجالان كهربيان أو مغناطيسيان متعامدان بين الألواح X ، Y يعملان على توجيه مسار حزمة الإلكترونات لمسح الشاشة نقطة بنقطة حتى تكتمل الصورة.
- 6 تصطدم الإلكترونات بالشاشة محدثة ضوءاً تختلف شدته من نقطة لأخرى حسب شدة الشعاع الإلكتروني التي يمكن التحكم فيها بواسطة شدة الإشارة الكهربائية المستقبلية بواسطة الشبكة التي تعترض طريق هذه الإلكترونات.
- 7 أقصى طاقة حركة للإلكترون $(KE)_{max}$ عند وصوله للمصعد تتعين من العلاقة :

$$(KE)_{max} = \frac{1}{2} m_e v^2 = eV$$
 حيث : (m_e) كتلة الإلكترون ، (v) أقصى سرعة للإلكترون ، (e) شحنة الإلكترون ، (V) فرق الجهد بين الكاثود والأنود.



تبعاً للعلاقة $(\frac{1}{2} m_e v^2 = eV)$ تكون العلاقة البيانية بين مربع أقصى سرعة الإلكترونات المنبعثة من المهبط (v^2) وفرق الجهد بين المصعد والمهبط (V) كما بالشكل :

$$\text{slope} = \frac{\Delta v^2}{\Delta V} = \frac{2e}{m_e}$$

ملاحظة

* الطاقة بوحدة الجول = الطاقة بوحدة الإلكترون فولت \times شحنة الإلكترون

$$1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J} \quad \text{أي أنه}$$

مثال

أنبوبة أشعة الكاثود تعمل على فرق جهد 10 kV ، أوجد أقصى سرعة للإلكترونات المنبعثة من الكاثود عند وصولها للمصعد. (علمًا بأن : $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ، $m_e = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$)

الحل

$$V = 10^4 \text{ V} \quad m_e = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg} \quad e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C} \quad v = ?$$

$$\frac{1}{2} m_e v^2 = eV$$

$$v = \sqrt{\frac{2eV}{m_e}} = \sqrt{\frac{2 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 10^4}{9.1 \times 10^{-31}}} = 5.93 \times 10^7 \text{ m/s}$$

47 اختبار نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

في أنبوبة أشعة الكاثود عند عدم تشغيل ألواح نظام التحكم

- تظهر بقعة مضيئة مركزية على الشاشة الفلورية
- لا تضئ الشاشة الفلورية
- يزداد انحراف الشعاع الإلكتروني
- تزداد شدة الإضاءة على الشاشة

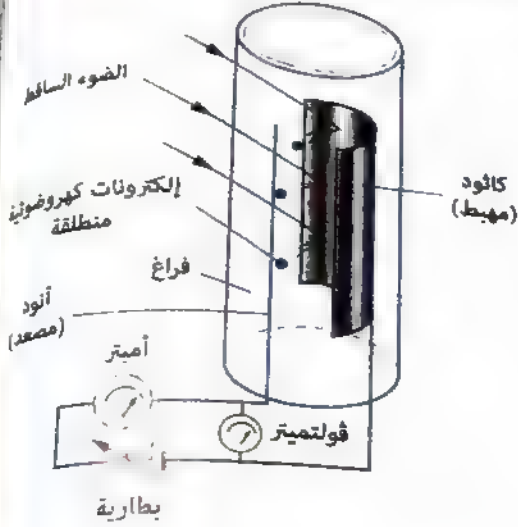
الخلية الكهروضوئية

الاستخدام

تستخدم في فتح وغلق الأبواب الميآ.

الأساس العلمى (فكرة العمل)

انطلاق إلكترونات من سطح فلز عند سقوط ضوء عليه
(التأثير الكهروضوئى).



التركيب وطريقة العمل

تتكون الخلية الكهروضوئية من أنبوبة من مادة شفافة
للضوء مفرغة من الهواء تحتوى على

١ كاثود وهو عبارة عن سطح معدنى مقعر تنبعث منه
إلكترونات عندما يسقط عليه ضوء.

٢ أنود وهو عبارة عن سلك رفيع حتى لا يحجب الضوء
الساقط على الكاثود ويلتقط الإلكترونات المنبعثة من
الكاثود مما يسبب تياراً فى الدائرة الخارجية.

التصور الكلاسيكى

- تنطلق الإلكترونات والتي تسمى الإلكترونات الكهروضوئية وتزداد طاقة حركتها عند جميع الترددات بزيادة
شدة الضوء الساقطة.

- إذا لم تكن شدة الضوء الساقط كافية فإنه يمكن بزيادة زمن سقوط ذلك الضوء أن تتراكم الطاقة وتحرر
الإلكترونات بعد فترة كافية من سقوط الضوء عليها.

الملاحظات العملية

١ يتوقف انبعاث الإلكترونات الكهروضوئية على تردد الموجة
الساقطة وليس على شدتها، إذ لا تتحرر هذه الإلكترونات
إلا إذا كان تردد الضوء الساقط أعلى من أو يساوى قيمة
معينة تسمى التردد الحرج (ν_0) مهما كانت الشدة.

٢ إذا كان تردد الموجة الساقطة يساوى أو أكبر من التردد
الحرج (ν_0) فإن شدة التيار الكهروضوئى تزداد بزيادة
شدة الضوء الساقط،

الإلكترونات الكهروضوئية

الإلكترونات المنبعثة من أسطح المعادن
عندما يسقط عليها ضوء ذو تردد أكبر من
أو يساوى التردد الحرج.

التردد الحرج لسطح (ν_0)

أقل تردد للضوء الساقط يكفى لتحرير
إلكترون من سطح معدن دون إكسابه
طاقة حركة.

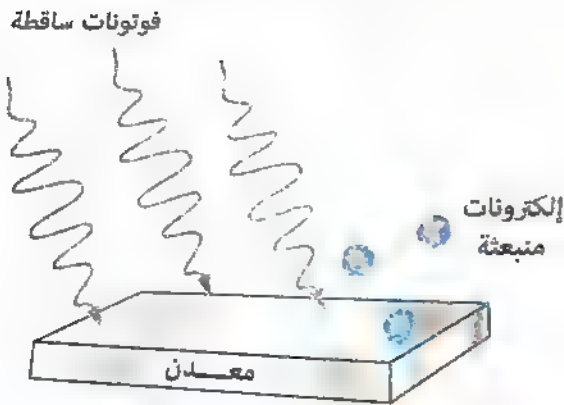
لزيادة معدل سقوط الفوتونات على وحدة المساحات من السطح فى وحدة الزمن وبالتالي يزداد معدل تحرر
الإلكترونات من السطح فتزداد شدة التيار الكهروضوئى.

١ يتوقف طاقة الحركة العظمى للإلكترونات المنطلقة على نوع مادة السطح وتردد الضوء الساقط وليس شدته، وبالتالي عند زيادة تردد الضوء الساقط مع ثبات شدته تزداد طاقة الحركة العظمى للإلكترونات المنبعثة أما معدل انبعاث الإلكترونات يظل ثابتاً لأن معدل سقوط فوتونات الضوء ثابت.

٢ انبعاث الإلكترونات يحدث لحظياً (فور سقوط الضوء على الفلز) ولا تكون هناك فترة انتظار لتجميع الطاقة اللازمة لتحرير الإلكترونات حتى إذا كانت شدة الإضاءة ضعيفة بشرط أن يكون تردد الضوء الساقط يساوي أو أكبر من التردد الحرج.

٣ لا تتسلسل النظرية الكلاسيكية من تفسير هذه المشاهدات العملية حيث إنه :

في التجربة العملية	في التصور الكلاسيكي
يعتمد انبعاث الإلكترونات على	شدة الضوء الساقط
تردد الضوء الساقط	تعتمد طاقة الحركة العظمى للإلكترونات المنبعثة على
نوع مادة السطح وتردد الضوء الساقط	شدة الضوء الساقط
إذا كانت شدة الإضاءة ضعيفة فإن انبعاث الإلكترونات	يحتاج لفترة تعرض أطول للضوء
يحدث لحظياً (فور سقوط الضوء) شرط أن يكون تردد الضوء الساقط مساوياً أو أكبر من التردد الحرج	



دالة الشغل لسطح (E_w)

الحد الأدنى من الطاقة اللازمة لتحرير إلكترون من سطح المعدن دون إكسابه طاقة حركة.

الطول الموجي الحرج (λ_c)

أكبر طول موجي للضوء الساقط على سطح معدن يكفي لتحرير إلكترونات منه دون إكسابها طاقة حركة.

تفسير أينشتاين للظاهرة الكهروضوئية

١ تمكن أينشتاين عام ١٩٠٥ م من تفسير المشاهدات العملية للظاهرة الكهروضوئية وفاز عام ١٩٢١ م بجائزة نوبل في الفيزياء عن هذا التفسير وقد اعتمد في تفسيره على أن :

- الإشعاع يتكون من وحدات صغيرة من الطاقة تسمى كل منها كوانتم أو فوتون (فرض بلانك).

- أقل طاقة لازمة لتحرير إلكترون من سطح معدن تسمى دالة الشغل لسطح (E_w) وتتبعين من العلاقة :

$$E_w = h\nu_c = \frac{hc}{\lambda_c}$$

حيث (λ_c) الطول الموجي الحرج.

- إذا كان تردد الفوتون الساقط :

أكبر من التردد الحرج ($\nu > \nu_c$)	يساوى التردد الحرج ($\nu = \nu_c$)	أقل من التردد الحرج ($\nu < \nu_c$)
أكبر من دالة شغل السطح ($E > E_w$)	تكون طاقة الفوتون الساقط على سطح المعدن مساوية لدالة شغل السطح ($E = E_w$) وبالتالى	أقل من دالة شغل السطح ($E < E_w$)
يستطيع الفوتون تحرير إلكترون من سطح المعدن ويظهر فرق الطاقة على شكل طاقة حركة يكتسبها الإلكترون	يستطيع الفوتون بالكاد تحرير إلكترون من سطح المعدن دون إكسابه طاقة حركة	لا يستطيع الفوتون تحرير أى إلكترون من إلكترونات السطح مهما زادت شدة الضوء الساقط أو فترة تسليطه على السطح

* مما سبق يمكن تعريف الظاهرة الكهروضوئية كالتالى :

الظاهرة الكهروضوئية

ظاهرة انبعاث إلكترونات من سطح معدن عندما يسقط عليه ضوء ذو تردد يساوى أو أكبر من التردد الحرج لهذا المعدن.

العلاقة بين طاقة الحركة العظمى للإلكترونات المنبعثة من سطح الفلز وتردد الضوء الساقط

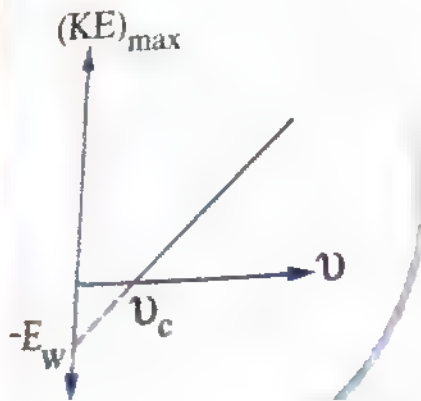
∴ طاقة الفوتون الساقط = دالة الشغل للسطح + طاقة الحركة العظمى للإلكترونات المنبعثة.

$$\therefore E = E_w + (KE)_{\max}$$

$$\therefore h\nu = h\nu_c + \frac{1}{2} m_e v^2$$

(معادلة أينشتاين للظاهرة الكهروضوئية)

$$\frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda_c} + \frac{1}{2} m_e v^2$$



* التمثيل البياني للعلاقة بين طاقة الحركة العظمى $(KE)_{\max}$ للإلكترونات المتحررة وتردد الضوء الساقط (ν) :

$$\begin{aligned} (KE)_{\max} &= h\nu - E_w \\ &= h\nu - h\nu_c \end{aligned}$$

$$\text{slope} = \frac{\Delta(KE)_{\max}}{\Delta\nu} = h$$

العلاقة بين شدة التيار الكهروضوئي وشدة الضوء

* إذا كان تردد الفوتون (الضوء) الساقط أكبر من التردد الحرج للسطح تزداد شدة التيار الكهروضوئي بزيادة شدة الضوء الساقط (زيادة معدل سقوط الفوتونات) على السطح مما يؤدي إلى زيادة معدل انبعاث الإلكترونات الحرة حيث يحرر كل فوتون إلكترون واحد.

$$\nu > \nu_c$$



إذا كان تردد الفوتون (الضوء) الساقط أقل من التردد الحرج للسطح لا يمر تيار كهروضوئي مهما زادت شدة الضوء أو زمن تعرض السطح للضوء.

$$\nu < \nu_c$$



ملاحظات

* تتوقف دالة الشغل لسطح معدن على نوع مادة السطح فقط ولا تتوقف على شدة الضوء الساقط أو زمن التعرض له أو فرق الجهد بين المصعد والمهبط.

* الإلكترون الأكثر ارتباطاً بالنواة يحتاج إلى طاقة أكبر من دالة الشغل لتحرره بعكس إلكترون السطح الذي يحتاج طاقة تساوي دالة الشغل ليتحرر، لذا تنبعث الإلكترونات من الفلز بطاقات حركة مختلفة.

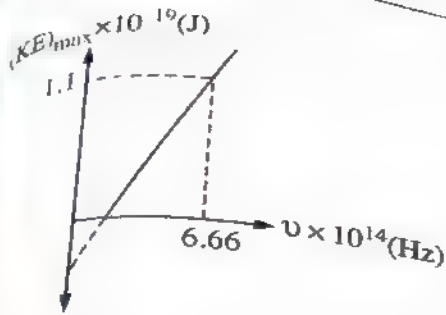
مثال ١

احسب دالة الشغل لفلز الطول الموجي الحرج له 2700 \AA
(علماً بأن: $h = 6.625 \times 10^{-34} \text{ J.s}$, $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$)

الحل

$$\lambda_c = 2700 \text{ \AA} \quad c = 3 \times 10^8 \text{ m/s} \quad h = 6.625 \times 10^{-34} \text{ J.s} \quad E_w = ?$$

$$E_w = \frac{hc}{\lambda_c} = \frac{6.625 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{2700 \times 10^{-10}} = 7.36 \times 10^{-19} \text{ J}$$



مثال ٢

الشكل البياني المقابل يوضح العلاقة بين طاقة الحركة العظمى $(KE)_{\max}$ للإلكترونات المنبعثة من سطح معدن عند سقوط ضوء عليه وتردد هذا الضوء (ν) ، احسب :

(١) دالة الشغل لسطح المعدن.

(ب) التردد الحرج لسطح المعدن.

(علمًا بأن : $h = 6.625 \times 10^{-34} \text{ J.s}$)

الحل :

$$\nu = 6.66 \times 10^{14} \text{ Hz} \quad (KE_{\max})_1 = 1.1 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$h = 6.625 \times 10^{-34} \text{ J.s} \quad E_w = ? \quad \nu_c = ?$$

$$\begin{aligned} E_w &= h\nu - (KE_{\max})_1 \\ &= (6.625 \times 10^{-34} \times 6.66 \times 10^{14}) - (1.1 \times 10^{-19}) \\ &= 3.31 \times 10^{-19} \text{ J} \end{aligned} \quad (1)$$

$$E_w = h\nu_c \quad (ب)$$

$$\nu_c = \frac{E_w}{h} = \frac{3.31 \times 10^{-19}}{6.625 \times 10^{-34}} = 5 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

مثال ٣

سقط إشعاع كهرومغناطيسي طوله الموجي 1000 \AA على سطح فلز فكانت أقصى طاقة حركة للإلكترونات المنبعثة 10.32 eV ، ثم سقط على سطح الفلز إشعاع كهرومغناطيسي آخر طوله الموجي 3000 \AA فكانت أقصى طاقة حركة للإلكترونات المنبعثة 2.04 eV ، احسب :

(١) قيمة ثابت بلانك (h) .

(ب) دالة الشغل لسطح الفلز.

(علمًا بأن : $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ، $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$)

$$\lambda_1 = 1000 \text{ \AA} \quad (KE_{\max})_1 = 10.32 \text{ eV} \quad \lambda_2 = 3000 \text{ \AA} \quad (KE_{\max})_2 = 2.04 \text{ eV}$$

$$e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C} \quad c = 3 \times 10^8 \text{ m/s} \quad h = ? \quad E_w = ?$$

$$E_w = \frac{hc}{\lambda} - (KE)_{\max}$$

(1)

$$\therefore \frac{hc}{\lambda_1} - (KE_{\max})_1 = \frac{hc}{\lambda_2} - (KE_{\max})_2$$

$$hc \left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right) = (KE_{\max})_1 - (KE_{\max})_2$$

$$h \times 3 \times 10^8 \times \left(\frac{1}{1000 \times 10^{-10}} - \frac{1}{3000 \times 10^{-10}} \right) = (10.32 - 2.04) \times 1.6 \times 10^{-19}$$

$$2 \times 10^{15} h = 1.325 \times 10^{-18}$$

$$h = 6.625 \times 10^{-34} \text{ J.s}$$

$$E_w = \frac{hc}{\lambda_1} - (KE_{\max})_1$$

(2)

$$= \frac{6.625 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{1000 \times 10^{-10}} - (10.32 \times 1.6 \times 10^{-19})$$

$$= 3.353 \times 10^{-19} \text{ J}$$

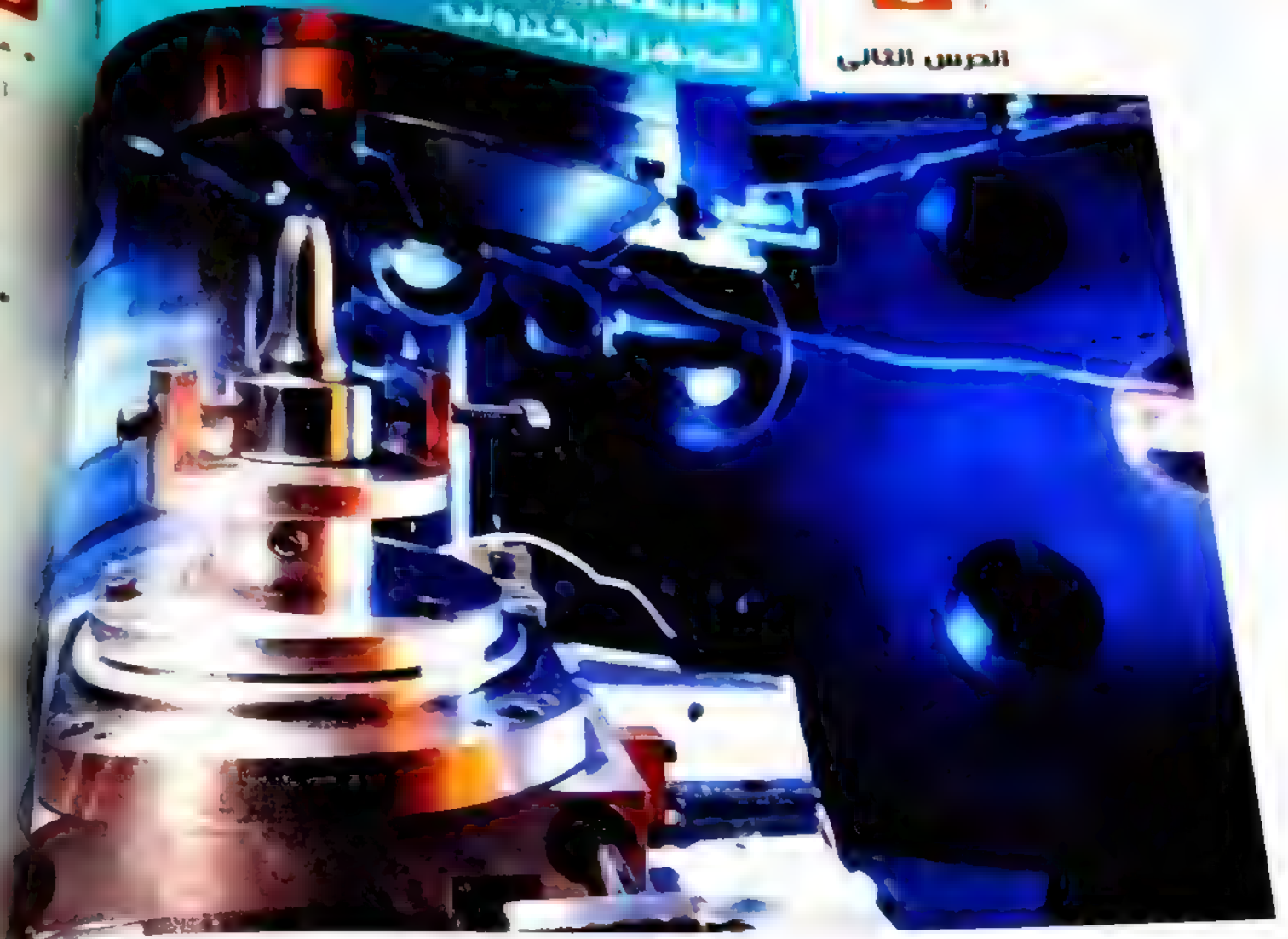
48 اختبار نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

سقط ضوء طوله الموجي 400 nm على سطح كاثود خلية كهروضوئية فانبعثت منه إلكترونات كهروضوئية مكتسبة طاقة حركة عظمى قدرها 0.8525 eV ، فإذا سقط ضوء آخر طوله الموجي 410 nm على سطح نفس الكاثود فإنه

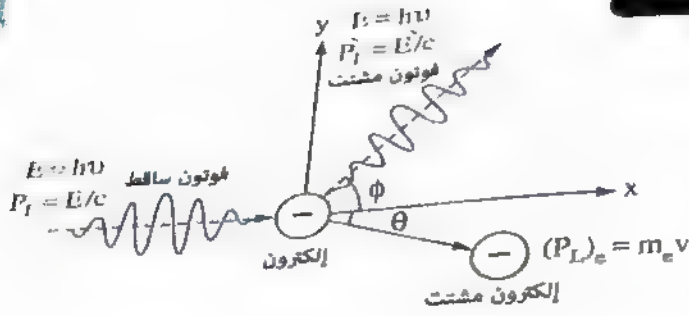
(علمًا بأن : $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ ، $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ، $h = 6.625 \times 10^{-34} \text{ J.s}$)

- لا تتحرر إلكترونات كهروضوئية
- تتحرر إلكترونات كهروضوئية طاقة الحركة العظمى لها أقل من 0.8525 eV
- تتحرر إلكترونات كهروضوئية طاقة الحركة العظمى لها أكبر من 0.8525 eV
- تتحرر إلكترونات كهروضوئية طاقة الحركة العظمى لها 0.8525 eV



في هذا الدرس سوف نتعرف :

- ◀ ظاهرة كومبتون.
- ◀ الطبيعة المزدوجة للفوتونات.
- ◀ الطبيعة الموجية للجسيم.
- ◀ المجهر [الميكروسكوب] الإلكتروني.



- عند سقوط فوتون له طاقة عالية (مثل فوتون أشعة إكس أو جاما) على إلكترون حر :
- يقل تردد الفوتون ويغير اتجاهه.
- تزداد سرعة الإلكترون ويغير اتجاهه.
- وتسمى هذه الظاهرة بظاهرة كومبتون.

لم تتمكن النظرية الكلاسيكية من تفسير ظاهرة كومبتون ولكن تم تفسيرها من خلال فرض بلانك بأن الإشعاع الكهرومغناطيسي مكون من فوتونات يمكن أن تصطدم بالإلكترونات وأثبت كومبتون أنه يمكن تطبيق :

- قانون بقاء كمية التحرك على الفوتون والإلكترون.

- قانون بقاء الطاقة : حيث مجموع طاقتي الفوتون والإلكترون قبل التصادم مباشرة = مجموع طاقتي الفوتون والإلكترون بعد التصادم مباشرة.

أي أنه الإلكترون يكتسب جزء من طاقة الفوتون الساقط فتزداد سرعة الإلكترون ويتشتت ويقل تردد الفوتون نتيجة نقص طاقته.

كما سبق نجد أن ظاهرة كومبتون تثبت الخاصية الجسيمية للضوء،

لأنها توضح أن الفوتون يتصادم مع الإلكترون كجسيم له سرعة وكمية حركة مثل الإلكترون.

ملاحظة

* يرتبط تحول الكتلة (m) إلى طاقة (E) بعلاقة أينشتاين ($E = mc^2$) وتسمى قانون بقاء الكتلة والطاقة والتي تعتبر أساس عمل القنبلة الذرية، حيث وجد أن انشطار النواة ينتج كمية هائلة من الطاقة،

لأن انشطار النواة يصحبه نقص في الكتلة يتحول إلى طاقة تبعاً لعلاقة أينشتاين، وقد وجد أن النقص في الكتلة صغير جداً ولكنه يتحول إلى طاقة هائلة لأنه مضروب في مقدار كبير جداً هو مربع سرعة الضوء ($c^2 = 9 \times 10^{16} \text{ m}^2/\text{s}^2$).



تفجئة نووية

49 اختبار نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

- في ظاهرة كومبتون بعد التصادم لا يحدث نقص في
 (أ) كمية حركة الفوتون
 (ب) طاقة الفوتون
 (ج) تردد الفوتون
 (د) سرعة الفوتون

خواص الفوتون

١ كم من الطاقة مركز في حيز صغير جداً وتحسب طاقته من العلاقة :

٢ سرعته في الفراغ 3×10^8 m/s٣ له كتلة أثناء حركته تكافئ m :٤ الفوتون ليس له كتلة سكون بل تتحول كتلته بالكامل إلى طاقة ($E = mc^2$) يكتسبها الجسم الذي أوقف حركته.

٥ له كمية حركة :

٦ له خاصية جسيمية وخاصية موجية.

مثال

احسب الكتلة المكافئة للفوتون وكمية حركته إذا كان طوله الموجي 380 nm

(علماً بأن : $c = 3 \times 10^8$ m/s , $h = 6.625 \times 10^{-34}$ J.s)

الحل

$$\lambda = 380 \times 10^{-9} \text{ m} \quad h = 6.625 \times 10^{-34} \text{ J.s} \quad c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$m = ? \quad P_L = ?$$

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{380 \times 10^{-9}} = 7.89 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

$$m = \frac{E}{c^2} = \frac{h\nu}{c^2} = \frac{6.625 \times 10^{-34} \times 7.89 \times 10^{14}}{(3 \times 10^8)^2} = 5.81 \times 10^{-36} \text{ kg}$$

$$P_L = \frac{h}{\lambda} = \frac{6.625 \times 10^{-34}}{380 \times 10^{-9}} = 1.74 \times 10^{-27} \text{ kg.m/s}$$

$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$

بضرب البسط والمقام في ثابت بلانك (h) :

$$\therefore \lambda = \frac{hc}{h\nu} = \frac{h}{h\nu/c}$$

$$\therefore P_L = \frac{h\nu}{c}$$

$$\therefore \lambda = \frac{h}{P_L}$$

أي أنه الطول الموجي للفوتون يساوي النسبة بين ثابت بلانك وكمية حركة الفوتون.

اختبر نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

كلما زاد طول موجة الفوتونات فإن كمية حركتها

(ب) تقل

(أ) تزداد

(د) تنعدم

(ج) تظل ثابتة

الطبيعة المزدوجة للفوتونات

* ظاهرة إشعاع الجسم الأسود والظاهرة الكهروضوئية وظاهرة كومبتون من الدلائل على أن الضوء يسلك سلوك الجسيمات، كما أن هناك ظواهر أخرى مثل التداخل والحيود تبين أن الضوء يسلك سلوك الموجات،

فأي منهما الصحيح؟ السلوك الجسيمي أم السلوك الموجي ؟

* يعتمد سلوك الضوء على الظاهرة قيد الدراسة حيث إن بعض التجارب يمكن تفسيرها عند سلوك الضوء سلوك الموجات أي أن الضوء يُظهر صفة موجية، وبعض التجارب يمكن تفسيرها عند سلوك الضوء سلوك الجسيمات أي أن الضوء يُظهر صفة جسيمية،

وعلى هذا الأساس فإن النظرة الحديثة لطبيعة الضوء تأخذ السلوك الثنائي أو المزدوج للضوء،

أي أنه طاقة الإشعاع تنتقل على هيئة فوتونات يصحب حركتها موجة.

النموذج الميكروسكوبي والنموذج الماكروسكوبي للضوء

الضوء هو موجة - على سطحه من الماء - الطول الموجي للموجات (λ)

مقارب للمسافات البينية

أكبر بكثير من المسافات البينية

الفوتونات تنفذ من خلال المسافات البينية وهذا ما يحدث في حالة أشعة X

الفوتونات تعامل هذا السطح كسطح متصل وتنعكس عنه

أي أن للضوء طبيعة

جسيمية

موجية

وبالتالي يتم تفسير سلوك الضوء بواسطة

النموذج الجسيمى للضوء (الميكروسكوبى)

النموذج الموجى للضوء (الماكروسكوبى)

أولاً: النموذجين الماكروسكوبى والميكروسكوبى مرتبطان ببعضهما البعض، وبالتالي فإن الطبيعة الموجية والنفسية الجسيمية للفوتونات متلازمان، المهم أن نفهم كيف نطبق كل منهما في مكانه.

من هذا سنرى تضييق بين النموذج الماكروسكوبى والنموذج الميكروسكوبى للضوء كالآتي

النموذج الجسيمى للضوء (الميكروسكوبى)

النموذج الموجى للضوء (الماكروسكوبى)

- يُطبق إذا اعترض فوتونات الضوء عائق من حجم الذرة أو الإلكترون.
- يحدث في ظواهر إشعاع الجسم الأسود والبيعت الكهروضوئى وظاهرة كومبتون.
- يدرس الفوتون منفرداً ويتصوره ككرة نصف قطرها يساوى الطول الموجى للموجة (λ) وتشتت بشكل يعادل (1).
- تمثل شدة الموجة المصاحبة للفوتونات تركيز هذه الفوتونات.

- يُطبق إذا اعترض فوتونات الضوء عائق أبعاده أكبر بكثير من الطول الموجى للضوء.
- يحدث في ظواهر الانعكاس والانكسار والتداخل والحيث.
- يدرس الفوتونات كحزمة بما لها من مجال مغناطيسى وكهريسى متعامدان على بعضهما وعلى اتجاه سريان حزمة الفوتونات.
- تمثل شدة الموجة بسعتها حيث تتناسب تناسباً طردياً مع مربع السعة.

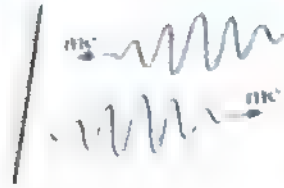
استنتاج القوة التي تؤثر بها حزمة من الفوتونات على سطح عاكس

* عند سقوط شعاع ضوئي تردده ν على سطح ما ثم انعكاسه فإن

كمية حركة الفوتون الساقط mc

كمية حركة الفوتون المنعكس $-mc$

مقدار التغير في كمية حركة الفوتون نتيجة انعكاسه $\Delta P_1 = 2mc = \frac{2h\nu}{c}$



* بفرض أن (ϕ_1) معدل انعكاس الفوتونات عن السطح ويتعين من العلاقة $(\phi_1 = \frac{N}{t})$ وتقاس بوحدة s photon

فإن كل فوتون يسقط على السطح وينعكس عنه يعاني تغير في كمية الحركة فيكون معدل التغير في كمية حركة شعاع الفوتونات :

$$\frac{\Delta P_1}{\Delta t} = 2mc\phi_1 = \frac{2h\nu}{c} \phi_1$$

وتبعاً لقانون نيوتن الثاني تكون القوة التي يؤثر بها شعاع الفوتونات على السطح (F) مساوية لمعدل التغير في كمية حركة شعاع الفوتونات :

$$F = \frac{\Delta P_1}{\Delta t} = \frac{2h\nu}{c} \phi_L$$

* تتعين القدرة الضوئية (P_w) لحزمة الضوء الساقطة على السطح من العلاقة

$$P_w = \frac{E_{\text{الساقطة}}}{\Delta t} = \frac{h\nu N}{\Delta t} = h\nu \phi_L \quad \therefore F = 2 \frac{P_w}{c}$$

مثال

شعاع قدرته 1 W يسقط على سطح حائط بمعدل 10^{14} photon/s ، القوة التي يؤثر بها الشعاع على سطح الحائط عند انعكاسه عنه، ثم احسب تردد الشعاع.

(علمًا بأن : $c = 3 \times 10^8$ m/s ، $h = 6.625 \times 10^{-34}$ J.s)

الحل :

$$P_w = 1 \text{ W} \quad \phi_L = 10^{14} \text{ photon/s} \quad h = 6.625 \times 10^{-34} \text{ J.s}$$

$$c = 3 \times 10^8 \text{ m/s} \quad F = ? \quad \nu = ?$$

$$F = \frac{2P_w}{c} = \frac{2 \times 1}{3 \times 10^8} = 0.67 \times 10^{-8} \text{ N}$$

* هذه القوة صغيرة جداً فلا يظهر تأثيرها على سطح الحائط.

$$\nu = \frac{P_w}{h\phi_L} = \frac{1}{6.625 \times 10^{-34} \times 10^{14}} = 1.51 \times 10^{19} \text{ Hz}$$

51 اختر نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

جهاز يصدر عنه إشعاع قدرته 200 W وطوله الموجي 3500 Å فيكون معدل انبعاث الفوتونات منه
(علماً بأن : $h = 6.625 \times 10^{-34} \text{ J.s}$, $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$)

أ) $3.5 \times 10^{20} \text{ photon/s}$

ب) $5 \times 10^{23} \text{ photon/s}$

ج) $3 \times 10^{23} \text{ photon/s}$

د) $2.5 \times 10^{20} \text{ photon/s}$

الطبيعة الموجية للجسيم

معادلة دي برولى للجسيمات

الطول الموجي لموجة مصاحبة لجسيم متحرك
يساوي النسبة بين ثابت بلانك وكمية حركة
الجسيم.

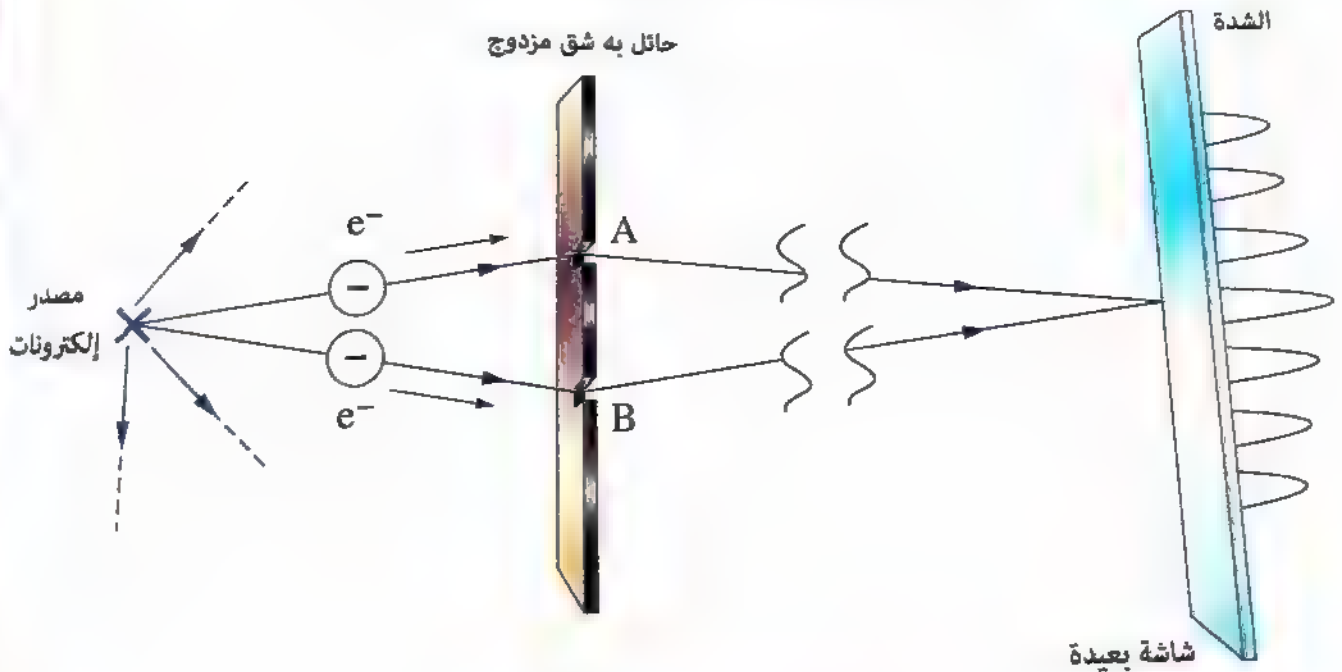
* نظراً للتماثل الموجود في الكون افترض دي برولى

أنه مثلما للموجات طبيعة جسيمية، فإن للجسيم طبيعة

موجية، حيث يصاحب الجسيم أثناء حركته موجة طولها

الموجي يحسب من العلاقة : $\lambda = \frac{h}{P_L} = \frac{h}{mv}$

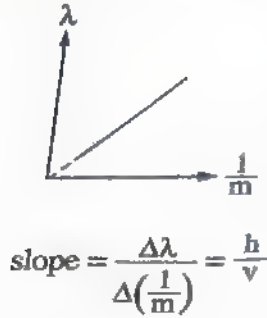
* والشكل التالي يوضح الطبيعة الموجية للإلكترون (خاصيتي الحيود والتداخل) :



حيود وتداخل الإلكترونات في شق مزدوج

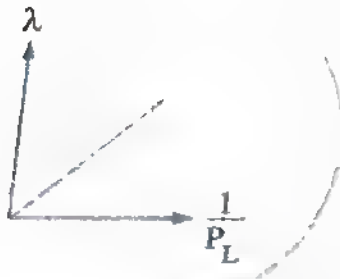
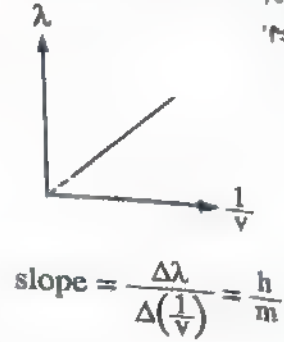
العوامل التي يتوقف عليها الطول الموجي للموجة المصاحبة لجسيم متحرك

1
كتلة الجسيم :
يتناسب الطول الموجي للموجة المصاحبة لجسيم متحرك تناسبًا عكسيًا مع كتلة الجسيم.



$$\lambda = \frac{h}{p_L} = \frac{h}{mv}$$

2
سرعة الجسيم :
يتناسب الطول الموجي للموجة المصاحبة لجسيم متحرك تناسبًا عكسيًا مع سرعة الجسيم.



العلاقة البيانية بين الطول الموجي للموجة المصاحبة لجسيم متحرك ومقلوب كمية تحرك الجسيم :

وبالتالي فإننا ننظر إلى الطبيعة الموجية لكل من الضوء والإلكترونات كما يلي :

الطبيعة الموجية للإلكترونات

- شعاع الإلكترونات هو مجموعة هائلة من الإلكترونات لها موجة مصاحبة تصف سلوكها الجماعي.
- الإلكترون بمفرده يحمل الصفات الوراثية لكل (نفس خصائص مجموعة الإلكترونات) من حيث الكتلة والشحنة والدوران حول نفسه (اللف المغزلي) وكمية الحركة.
- يكون للموجة المصاحبة لحركة الإلكترونات تردد وسرعة وطول موجي وخصائص الانتشار والانعكاس والانكسار والتداخل والحيود.

الطبيعة الموجية للضوء

- الضوء هو مجموعة هائلة من الفوتونات لها موجة مصاحبة تصف سلوكها الجماعي.
- الفوتون بمفرده يحمل الصفات الوراثية للموجة (نفس خصائص مجموعة الفوتونات) من حيث التردد والسرعة والطول الموجي.
- يكون للموجة المصاحبة لحركة الفوتونات تردد وسرعة وطول موجي وخصائص الانتشار والانعكاس والانكسار والتداخل والحيود.

* مما سبق يمكن المقارنة بين الإلكترون والفوتون كالتالى :

الفوتون	الإلكترون
الطبيعة	جسيم مادي شحنته سالبة وله طبيعة موجية
التحويل (زيادة سرعته)	يمكن تعجيله بالمجال الكهربى
كمية التحرك	له كمية تحرك $P_L = \frac{h}{\lambda} = m_e v$
الطاقة	له كمية تحرك $P_L = mc = \frac{E}{c} = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$
الكتلة	له كتلة سكون ثابتة ($m_e = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$)
	* له كتلة أثناء حركته فقط تكافئ m ($m = \frac{E}{c^2} = \frac{h\nu}{c^2} = \frac{h}{\lambda c}$)
	* إذا توقف عن الحركة تتلاشى كتلته وتحول إلى طاقة ($E = mc^2$).

مثال

احسب الطول الموجى للموجة المصاحبة لحركة كرة كتلتها 140 kg تتحرك بسرعة 40 m/s .
ثم احسب الطول الموجى للموجة المصاحبة لحركة إلكترون إذا تخيلنا أن الإلكترون يتحرك بنفس السرعة.
(علمًا بأن : $h = 6.625 \times 10^{-34} \text{ J.s}$, $m_e = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$)

الحل

$$m_b = 140 \text{ kg} \quad v = 40 \text{ m/s} \quad m_e = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg} \quad h = 6.625 \times 10^{-34} \text{ J.s}$$

$$\lambda_b = ? \quad \lambda_e = ?$$

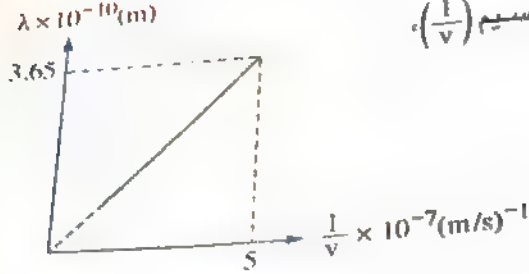
$$\lambda_b = \frac{h}{m_b v} = \frac{6.625 \times 10^{-34}}{140 \times 40} = 1.18 \times 10^{-37} \text{ m}$$

$$\lambda_e = \frac{h}{m_e v} = \frac{6.625 \times 10^{-34}}{9.1 \times 10^{-31} \times 40} = 1.82 \times 10^{-5} \text{ m}$$

اختبر نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

الشكل المقابل يمثل العلاقة البيانية بين الطول الموجي (λ) للموجة المصاحبة لحركة جسيم ومقلوب سرعة الجسيم ($\frac{1}{v}$). فإن كتلة الجسيم تساوى
(علماً بأن : $h = 6.625 \times 10^{-34} \text{ J.s}$)



9.1 × 10⁻³¹ kg (أ)

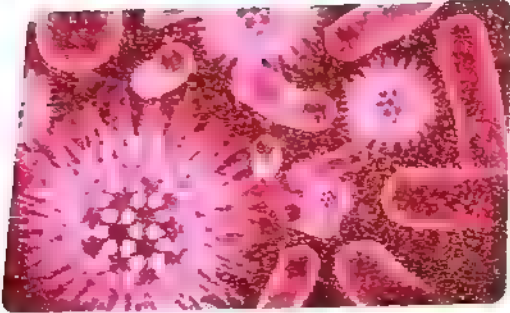
7.8 × 10⁻²⁵ kg (ب)

2.4 × 10⁻²⁴ kg (ج)

1.6 × 10⁻²² kg (د)

* مما سبق يتضح أنه يمكن استخدام شعاع من الإلكترونات كما يستخدم شعاع الضوء، وهذا هو أساس عمل الميكروسكوب الإلكتروني.

المجهر (الميكروسكوب) الإلكتروني



صورة إلكترونية لخلية حيوانية

* لتكوين صورة مكبرة للأجسام الصغيرة يلزم سقوط موجة على الجسم بحيث يكون طولها الموجي أقل من أبعاد الجسم المراد تكوين صورة مكبرة له لذلك لا يصلح الميكروسكوب الضوئي لرؤية الأجسام الصغيرة جداً مثل الفيروسات حيث إن الطول الموجي للضوء المرئي أكبر من أبعاد الفيروس لذلك يتم استخدام شعاع من الإلكترونات في الميكروسكوب الإلكتروني.

* فكرة عمل الميكروسكوب الإلكتروني :

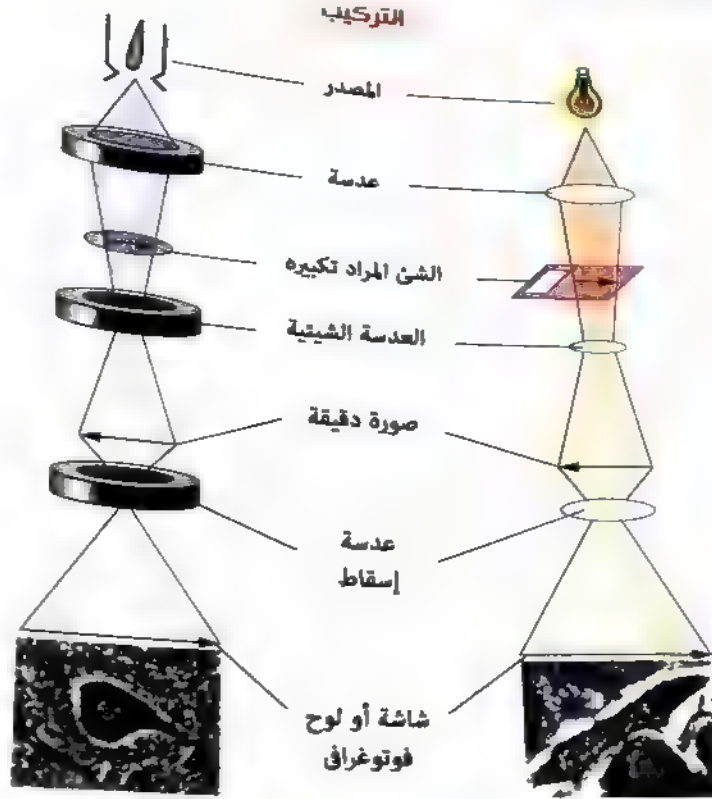
- الفكرة : الطبيعة الموجية للإلكترون.

- الشرح : بزيادة فرق الجهد بين الكاثود والأنود في المجهر الإلكتروني تزداد طاقة حركة الإلكترون وبالتالي تزداد سرعته (v) تبعاً للعلاقة ($KE = \frac{1}{2} m_e v^2 = eV$)، ومن معادلة دي برولي ($\lambda = \frac{h}{m_e v}$) نجد أنه بزيادة سرعة الإلكترون يقل الطول الموجي المصاحب لحركته حتى يصبح أقل من أبعاد الجسم وبذلك يمكن تكوين صورة مكبرة له.

يشابه الميكروسكوب الإلكتروني مع الميكروسكوب الضوئي في نواح عديدة ويختلف عنه في نواح أخرى

الميكروسكوب الإلكتروني

الميكروسكوب الضوئي



الشعاع المستخدم

شعاع من الإلكترونات يصحب حركتها أمواج مادية طولها الموجي أقصر حوالي ألف مرة من الطول الموجي للشعاع الضوئي

شعاع ضوئي

العدسات المستخدمة

عدسات إلكترونية (مغناطيسية) تعمل على تركيز شعاع الإلكترونات على الجسم المراد تكبيره

عدسات ضوئية (زجاجية) تعمل على تركيز الضوء على الجسم المراد تكبيره

القدرة التحليلية

كبيرة نسبياً وبذلك يكون له القدرة على تمييز التفاصيل الدقيقة

صغيرة نسبياً وبذلك لا يستطيع أن يميز التفاصيل الدقيقة

معامل التكبير

كبير نسبياً

محدود نسبياً

الصورة النهائية

تتكون على شاشة فلورسكية

تقديرية، يمكن أن تُرى بالعين المجردة

ملاحظة

القدرة التحليلية للميكروسكوب الإلكتروني كبيرة جدًا، لأن الإلكترونات يمكن أن تمتلك طاقة حركة عالية جدًا ومن ثم تصحبها أطوال موجية قصيرة جدًا وبالتالي تستطيع أن ترصد أجسام صغيرة لا يستطيع الضوء العادي أن يرصدها.

مثال

إذا استخدم فرق جهد 400 V بين الأنود والكاثود لميكروسكوب إلكتروني.
(1) احسب : ١- أقصى طاقة حركة للإلكترون. ٢- أقصى سرعة للإلكترون. ٣- الطول الموجي للموجة المصاحبة لحركة الإلكترون. ٤- ماذا ؟

(ب) هل يمكن رؤية جسيم طوله 5 Å ؟ ولماذا ؟
(علمًا بأن : $m_e = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$, $h = 6.625 \times 10^{-34} \text{ J.s}$, $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$)

الحل

$$V = 400 \text{ V} \quad m_e = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg} \quad h = 6.625 \times 10^{-34} \text{ J.s}$$

$$e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C} \quad (KE)_{\max} = ? \quad v = ? \quad \lambda = ?$$

$$(KE)_{\max} = eV = 1.6 \times 10^{-19} \times 400 = 6.4 \times 10^{-17} \text{ J}$$

$$(KE)_{\max} = \frac{1}{2} m_e v^2$$

$$6.4 \times 10^{-17} = \frac{1}{2} \times 9.1 \times 10^{-31} \times v^2 \quad , \quad v = 1.19 \times 10^7 \text{ m/s}$$

$$\lambda = \frac{h}{m_e v} = \frac{6.625 \times 10^{-34}}{9.1 \times 10^{-31} \times 1.19 \times 10^7} = 6.12 \times 10^{-11} \text{ m} = 0.612 \text{ Å}$$

(ب) نعم، لأن الطول الموجي للموجة المصاحبة لحركة الإلكترون أقل من طول الجسيم.

اختبر نفسك

أفتر : أي من الاختيارات التالية يعبر عما يحدث في الميكروسكوب الإلكتروني عند زيادة فرق الجهد بين المصعد والمهبط ؟

طاقة حركة الإلكترون	الطول الموجي المصاحب للإلكترون	
تزداد	يزداد	أ
تزداد	يقل	ب
تقل	يزداد	ج
تقل	يقل	د

الوحدة الثانية

مقدمة

في الفيزياء الحديثة

الفصل

6

الأنظمة الذرية





في هذا الفصل سوف نتعرف :

« نموذج ذرة بور.

« الأطياف.

« الأشعة السينية.

* كلمة ذرة (Atom) تعود إلى اللغة الإغريقية، وتعني الوحدة التي لا تنقسم، وقد وضع العلماء تصورات مختلفة متعاقبة لتركييب الذرة، سندرس منها تصور العالم بور لتركييب الذرة.

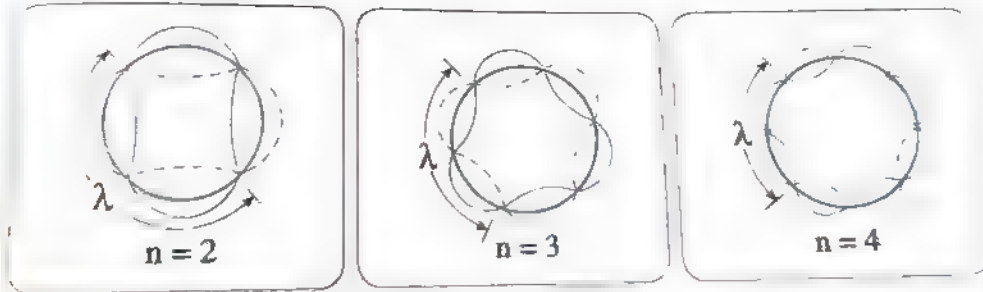
نموذج ذرة بور Bohr's Model

* قام بور بدراسة تصورات العلماء السابقين له للذرة، وتوصل إلى نموذج لذرة الهيدروجين مستخدماً بعض تصورات العالم رذرفورد، وهي:

- ١ توجد عند مركز الذرة نواة موجبة الشحنة.
- ٢ تدور الإلكترونات سالبة الشحنة حول النواة في مستويات طاقة محددة تعرف بالأغلفة ولا يصدر الإلكترون إشعاعاً طالما كان متحركاً في مستوى الطاقة الخاص به.
- ٣ الذرة متعادلة كهربياً حيث إن عدد الشحنات السالبة (الإلكترونات) حول النواة يساوي عدد الشحنات الموجبة التي تحملها النواة (البروتونات).

ثم أضاف بور الفروض الثلاثة الهامة التالية :

- ١ القوى الكهربية (قانون كولوم) والقوى الميكانيكية (قانون نيوتن) قابلة للتطبيق في مجال الذرة.
- ٢ باعتبار أن الموجة المصاحبة لحركة الإلكترون في ذرة الهيدروجين تمثل موجة موقوفة (حسب فرضية دي برولي) بحيث يكون عدد الموجات الموقوفة (الأطوال الموجية) مساوياً لرقم المستوى كما بالشكل التالي



وبالتالي يمكن حساب نصف قطر مستوى الإلكترون تقديرياً من العلاقة :

$$2\pi r = n\lambda$$

حيث (r) نصف قطر المستوى،

(n) عدد الأمواج الموقوفة المصاحبة لحركة الإلكترون (عدد صحيح أكبر من الصفر)،

(λ) الطول الموجي للموجة الموقوفة المصاحبة لحركة الإلكترون.

- ٢ عندما ينتقل إلكترون من مستوى طاقة (E_2) إلى مستوى أدنى للطاقة (E_1)، ينطلق نتيجة لذلك فوتون طاقته تساوي الفرق بين طاقتي المستويين ($h\nu = \Delta E = E_2 - E_1$).

مثال

الشكل المقابل يوضح الموجة الموقوفة المصاحبة لحركة إلكترون ذرة الهيدروجين في أحد مستويات الطاقة، فإذا علمت أن سرعة الإلكترون في هذا المستوى $7.3 \times 10^5 \text{ m/s}$ ، احسب:

- (أ) الطول الموجي للموجة الموقوفة المصاحبة لحركة الإلكترون في هذا المستوى.
(ب) نصف قطر مستوى الطاقة الذي يتحرك فيه الإلكترون.
(علماً بأن: $m_e = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$, $h = 6.625 \times 10^{-34} \text{ J.s}$)

الحل

$$v_n = 7.3 \times 10^5 \text{ m/s} \quad n = 3 \quad h = 6.625 \times 10^{-34} \text{ J.s} \quad m_e = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$\lambda_n = ? \quad r_n = ?$$

$$\lambda_n = \frac{h}{m_e v_n} \quad (1)$$

$$= \frac{6.625 \times 10^{-34}}{9.1 \times 10^{-31} \times 7.3 \times 10^5}$$

$$= 9.97 \times 10^{-10} \text{ m} = 9.97 \text{ \AA}$$

$$2 \pi r_n = n \lambda_n \quad (ب)$$

$$2 \times \frac{22}{7} r_n = 3 \times 9.97 \times 10^{-10}$$

$$r_n = 4.76 \times 10^{-10} \text{ m} = 4.76 \text{ \AA}$$

54 اختبار نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

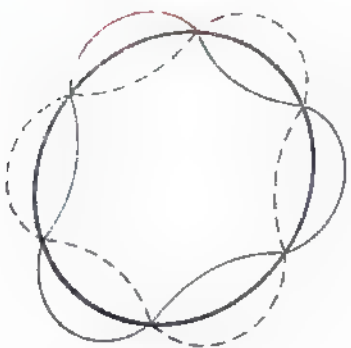
يعبر الشكل المقابل عن الموجة الموقوفة المصاحبة لحركة إلكترون في أحد مستويات الطاقة بذرة الهيدروجين، فإذا كان نصف قطر المستوى r فإن الطول الموجي للموجة الموقوفة (λ) يساوى

$$\frac{2 \pi r}{5} \quad (ب)$$

$$\frac{2 \pi r}{3} \quad (د)$$

$$\frac{\pi r}{3} \quad (أ)$$

$$\frac{\pi r}{2} \quad (ج)$$



الطيف الخطي لغاز الهيدروجين (انبعاث الطيف المستمر والخطي من ذرة هيدروجين)

عندما تنكسب ذرات الهيدروجين طاقة غزائها تثار، ويلاحظ التالي:

1 لا تثار الذرات كلها بنفس الكيفية (لنفس المستوى)، ولذلك تنتقل الإلكترونات في الذرات المختلفة من المستوى الأول K ($n=1$) إلى مستويات مختلفة أعلى منه L, M, N, ... ($n=2$ or 3 or 4).

$$E_n = -\frac{13.6}{n^2} \text{ (eV)}$$

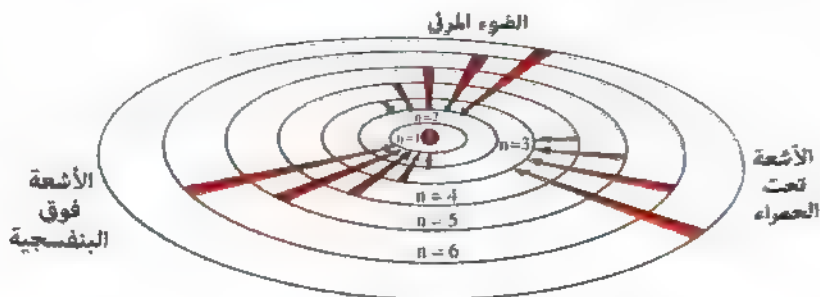
2 يمكن حساب طاقة أي مستوى (E_n) في ذرة الهيدروجين من العلاقة

3 لا تنفي الإلكترونات في مستويات الطاقة العالية إلا لفترة قصيرة جدًا (حوالي 10^{-8} s) ثم تهبط إلى مستويات أدنى.

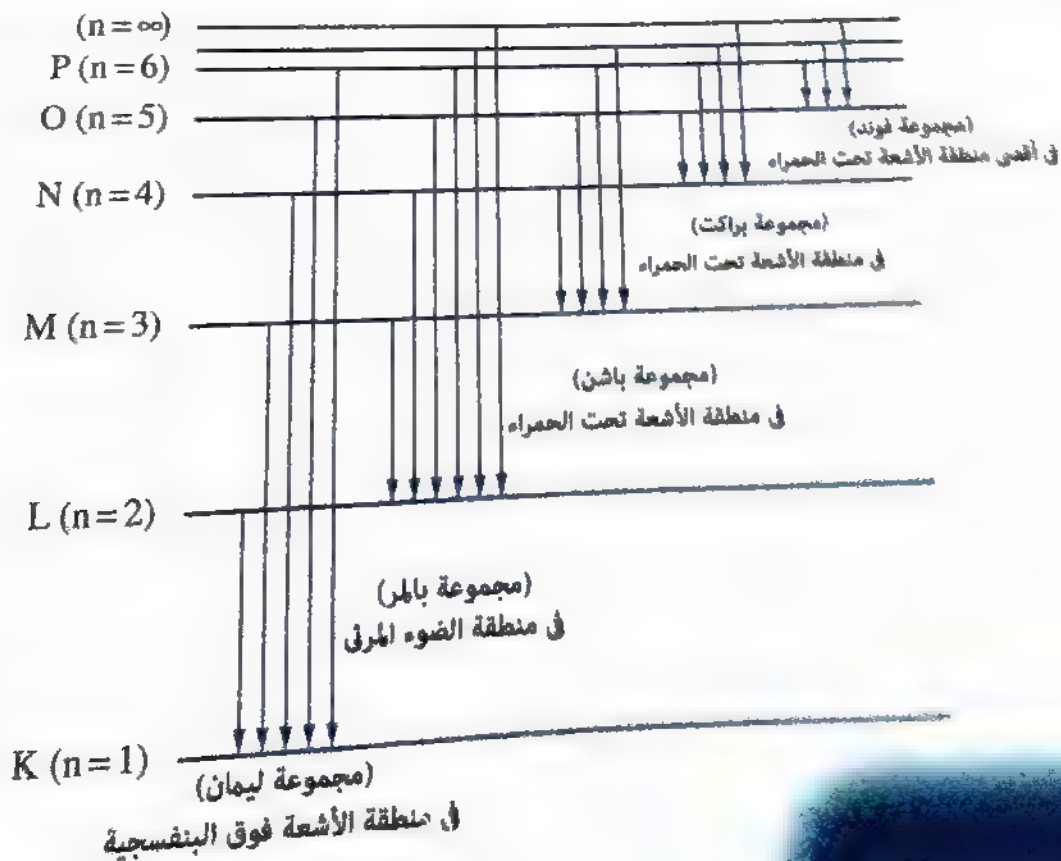
4 عندما يهبط الإلكترون من مستوى طاقة أعلى إلى مستوى طاقة أدنى فإنه يفقد فرق الطاقة بين المستويين

على شكل فوتون تردده ν وطاقته $h\nu$ وطوله الموجي λ

$$h\nu = E_2 - E_1 \quad \lambda = \frac{c}{\nu} \quad \text{حيث}$$



5 عند إثارة عدد كبير من ذرات الهيدروجين ينشأ عن عودة الإلكترون داخل كل ذرة من المستويات العليا إلى المستويات الأدنى انبعاث طيف خطي يتكون من خمس مجموعات أو متسلسلات، وتترتب هذه المتسلسلات كالتالي:



أقل تردد	أعلى طاقة	أقل طول موجي	تقع في منطقة الأشعة فوق البنفسجية	ينتقل الإلكترون من المستويات الأعلى إلى المستوى الأول ($n = 1$) K	متسلسلة ليمان
			تقع في منطقة الضوء المرئي	ينتقل الإلكترون من المستويات الأعلى إلى المستوى الثاني ($n = 2$) L	متسلسلة بالمر
			تقع في منطقة الأشعة تحت الحمراء	ينتقل الإلكترون من المستويات الأعلى إلى المستوى الثالث ($n = 3$) M	متسلسلة باشر
			تقع في منطقة الأشعة تحت الحمراء	ينتقل الإلكترون من المستويات الأعلى إلى المستوى الرابع ($n = 4$) N	متسلسلة براكت
أقل تردد	أكبر طول موجي		تقع في أقصى منطقة الأشعة تحت الحمراء	ينتقل الإلكترون من المستويات الأعلى إلى المستوى الخامس ($n = 5$) O	متسلسلة فوندر

حساب طاقة الإشعاع في المتسلسلة الواحدة :

ينبعث فوتون له أكبر طاقة (أقصر طول موجي) عند انتقال الإلكترون من مستوى الطاقة في مالانهاية (E_{∞}) إلى مستوى الطاقة الأدنى في المتسلسلة (E_n) :

ينبعث فوتون له أقل طاقة (أكبر طول موجي) عند انتقال الإلكترون من مستوى الطاقة (E_{n+1}) إلى مستوى الطاقة الأدنى الذي يليه (E_n)

$$E_{n+1} - E_n = \frac{hc}{\lambda_{\max}}$$

$$E_{\infty} - E_n = \frac{hc}{\lambda_{\min}}, \quad E_{\infty} = 0$$

ملاحظة

* بدءاً من متسلسلة ليمان يؤدي انتقال الإلكترون بين أي مستويين متتاليين في نفس المتسلسلة الطيفية إلى انبعاث طيف (فوتون) له أقل تردد في المتسلسلة ولكنه يظل أعلى من تردد أي فوتون في أي متسلسلة تالية.

مثال ١

تبعاً لنموذج بور لطيف ذرة الهيدروجين، احسب :

(أ) فرق الطاقة بوحدة الجول عند انتقال الإلكترون من المستوى الخامس إلى المستوى الأول.

(ب) تردد الفوتون المنبعث عند انتقال الإلكترون من المستوى الرابع إلى المستوى الأول.

(ج) الطول الموجي للفوتون المنبعث عند انتقال الإلكترون من المستوى الخامس إلى المستوى الثاني.

(علماً بأن : $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$, $h = 6.625 \times 10^{-34} \text{ J.s}$, $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$)

$$E_n = -\frac{13.6}{n^2}$$

$$E_5 = -\frac{13.6}{(5)^2} = -0.544 \text{ eV}$$

$$E_1 = -13.6 \text{ eV}$$

$$\Delta E = E_5 - E_1 = -0.544 - (-13.6) = 13.056 \text{ eV}$$

$$\Delta E = 13.056 \times 1.6 \times 10^{-19} = 2.09 \times 10^{-18} \text{ J}$$

$$E_4 = -\frac{13.6}{(4)^2} = -0.85 \text{ eV}$$

$$\Delta E = E_4 - E_1 = -0.85 - (-13.6) = 12.75 \text{ eV}$$

$$\Delta E = 12.75 \times 1.6 \times 10^{-19} = 2.04 \times 10^{-18} \text{ J}$$

$$\Delta E = h\nu$$

$$\nu = \frac{\Delta E}{h} = \frac{2.04 \times 10^{-18}}{6.625 \times 10^{-34}} = 3.08 \times 10^{15} \text{ Hz}$$

$$E_2 = -\frac{13.6}{(2)^2} = -3.4 \text{ eV}$$

$$\Delta E = E_5 - E_2 = -0.544 - (-3.4) = 2.856 \text{ eV}$$

$$\Delta E = 2.856 \times 1.6 \times 10^{-19} = 4.57 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\Delta E = \frac{hc}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{hc}{\Delta E} = \frac{6.625 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{4.57 \times 10^{-19}} = 4.35 \times 10^{-7} \text{ m}$$

الحل (1)

(ب)

(ج)

مثال ٢

إذا علمت أن طاقة المستوى الأول في ذرة الهيدروجين -13.6 eV ، احسب أكبر وأقل طاقة للفوتون المنبعث عند عودة الإلكترون المثار للمستوى الأول. (علمًا بأن: $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$)

الحل

$$E_1 = -13.6 \text{ eV} \quad e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C} \quad \Delta E = ?$$

$$\Delta E = E_{\infty} - E_1 = 0 - (-13.6 \times 1.6 \times 10^{-19}) = 21.76 \times 10^{-19} \text{ J}$$

* أكبر طاقة :

$$\Delta E = E_2 - E_1$$

* أقل طاقة :

$$= \left(-\frac{13.6}{(2)^2} \times 1.6 \times 10^{-19} \right) - (-21.76 \times 10^{-19}) = 16.32 \times 10^{-19} \text{ J}$$

اختبر نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

1. أى الانتقالات الموضحة للإلكترون فى الشكل تؤدي إلى انبعاث طيف خطى له أكبر تردد ؟

- ① الانتقال (1) ② الانتقال (2)
③ الانتقال (3) ④ الانتقال (4)



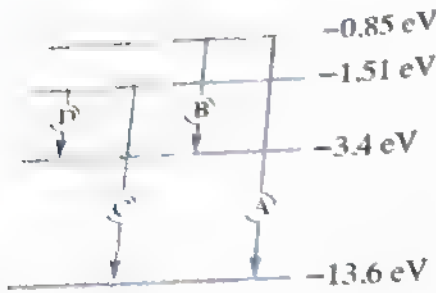
2. الشكل المقابل يبين أربعة مستويات طاقة فى ذرة

الهيدروجين، فإن الانتقال الذى ينتج عنه انبعاث فوتون طوله الموجى 974 Å هو

(علماً بأن : $h = 6.625 \times 10^{-34} \text{ J.s}$)

($e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$, $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$)

- ① (A) ② (B)
③ (C) ④ (D)



الأطياف

* عند مرور الطيف الشمسى خلال منشور ثلاثى فإنه يتحلل إلى مكوناته من الأشعة المرئية (الضوء المرئى) والأشعة تحت الحمراء والأشعة فوق البنفسجية.

* تُعد دراسة وتفسير الطيف الذرى للعناصر من أهم الدراسات التى أدت إلى معرفة التركيب الذرى والجزيئى لها، ويتم ذلك باستخدام جهاز المطياف.

المطياف Spectrometer

الطيف النعنى

طيف لا يكون فيه تداخل بين الأطوال الموجية حيث يكون فيه التفريق بين الألوان شديد التمايز بحيث يكون الضوء عملياً عند كل نقطة أحادى اللون تقريباً.

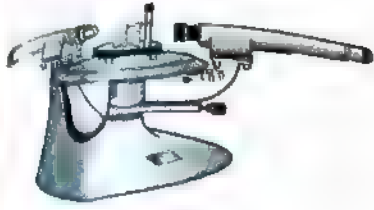
الوظيفة

تحليل الضوء إلى مكوناته المرئية وغير المرئية والحصول منها على طيف نقى.

الاستخدام

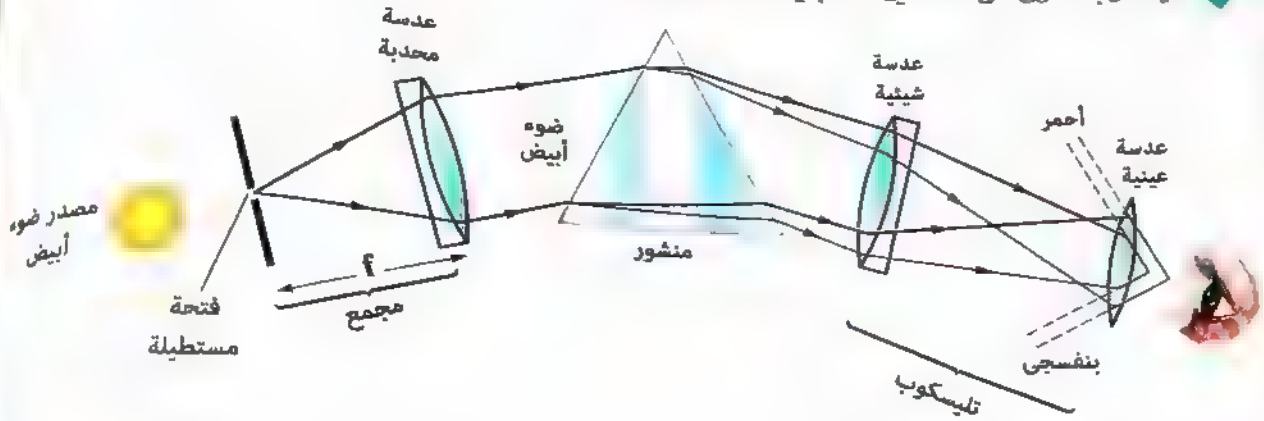
1. التعرف على مصادر الطيف المختلفة.

2. تقدير درجة حرارة النجوم وما بها من غازات.



التكوير

- ١ المجمع وهو عبارة عن أنبوبة يوجد عند طرفها فتحة مستطيلة ضيقة يمكن التحكم في اتساعها بواسطة مسمار محوى وتوجد هذه الفتحة عند بؤرة عدسة محدبة عند الطرف الآخر للأنبوبة.
- ٢ منشور ثلاثى من الزجاج موضوع على منصدة قابلة للدوران لضبط المنشور عند وضع النهاية الصغرى للانحراف.
- ٣ تليسكوب مكون من عدستين محدبتين هما الشيئية والعينية.



طريقة العمل

- ١ يتم وضع مصدر الطيف أمام الفتحة المستطيلة للمجمع فتعمل عدسته المحدبة على خروج حزمة متوازية من الطيف الذى يسقط على أحد أوجه المنشور.
- ٢ يتم ضبط المنشور فى وضع النهاية الصغرى للانحراف، ويعمل المنشور على تحليل أشعة الضوء إلى مكوناته الأولية بحيث تخرج أشعة كل لون متوازية مع بعضها وغير موازية لأشعة الألوان الأخرى لأن لكل لون من ألوان الطيف زاوية انحراف خاصة به.
- ٣ يوجه التليسكوب لاستقبال الأشعة المارة خلال المنشور.
- ٤ تعمل العدسة الشيئية للتليسكوب على تجميع أشعة كل لون فى بؤرة خاصة على المستوى البؤرى بحيث يمكن رؤيتها محددة بواسطة العدسة العينية أو تتكون صورة لها على لوح فوتوغرافى.

شروط الحصول على طيف نقى بواسطة المطياف (الأسبكترومتر)

أن يكون المنشور فى وضع النهاية الصغرى للانحراف وتجمع الأشعة المتوازية لكل لون فى بؤرة خاصة بواسطة العدسة الشيئية.

الانواع الطيف

بعد انقضاء عملية التحليل الطيفي يمكن تمييز نوعين من الانماط :

طيف مستمر (متصل)

طيف يتضمن توزيعاً مستمراً أو متصلاً للترددات أو الأطوال الموجية.

طيف خطي

طيف يتضمن توزيعاً غير مستمراً للترددات أو الأطوال الموجية.

يمكن الحصول عليه عن طريق

تحليل الإشعاع المنبعث من عنصر غازي أو بخار عنصر تحت ضغط منخفض في أنابيب التفريغ الكهربى، ويعتبر خاصية مميزة للعنصر.

تحليل الإشعاعات المنبعثة من الأجسام الساخنة كالنجم المتقد وفيتيل المصباح الكهربى.

ينقسم الطيف الخطي للعناصر إلى :

1 طيف الانبعاث

هو الطيف الناتج عن انتقال ذرة مثارة من مستوى أعلى للطاقة إلى مستوى أدنى للطاقة ونظراً لأنه لا يمكن إثارة العناصر إلا إذا كانت في صورة ذرية وليست جزيئية، فإن الطيف الخطي لا يصدر من المادة إلا إذا كانت في صورة ذرات منفصلة أو في الحالة الغازية تحت ضغط منخفض. يظهر طيف الانبعاث على لوح فوتوغرافى حساس على هيئة خطوط مضيئة على خلفية سوداء.

2 طيف الامتصاص

إذا مر طيف مستمر (مثل ضوء أبيض) خلال غاز ما وبخار عنصر، فإنه يلاحظ :

لغناء بعض الأطوال الموجية فى الطيف المستمر للضوء الأبيض بعد تحليله بالمطيف، هذه الأطوال الموجية هى نفسها الأطوال الموجية لأطياف الانبعاث الخطية لهذا الغاز والعنصر لذلك فهى تعتبر خاصية مميزة لهذا الغاز أو العنصر، ويطلق عليها طيف الامتصاص الخطي.

طيف الانبعاث للهيدروجين الذرى

طيف الانبعاث للزئبق

طيف الامتصاص الخطي

خطوط معتمة لبعض الأطوال الموجية فى الطيف المستمر، وهذه الخطوط ناتجة عن امتصاص غاز أو بخار عنصر لخطوط الطيف المميزة له.

* يظهر طيف الامتصاص على لوح فوتوغرافي حساس على هيئة خطوط معتمة على خلفية مضيئة.

خطوط فرونفوهر
أطياف امتصاص خطية للعناصر الموجودة في الغلاف الشمسي وقد وجد أنها خاصة بعنصري الهيليوم والهيدروجين.

* وقد أثبت هذا وجود عنصري الهيليوم والهيدروجين في الغلاف الشمسي، حيث إن طيف الشمس بعد تحليله وجد أنه يحتوى على أطياف الامتصاص الخطية للهيليوم والهيدروجين ويمتلك عليها خطوط فرونفوهر.

56 اختبار نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :
عند مرور ضوء أبيض خلال بخار الصوديوم وتحليل الضوء الخارج من بخار الصوديوم، فإننا نحصل على

- خطوط ملونة منفصلة على خلفية معتمة
- خطوط ملونة منفصلة على خلفية بيضاء
- خطوط معتمة منفصلة على خلفية ملونة
- منطقة ملونة متصلة

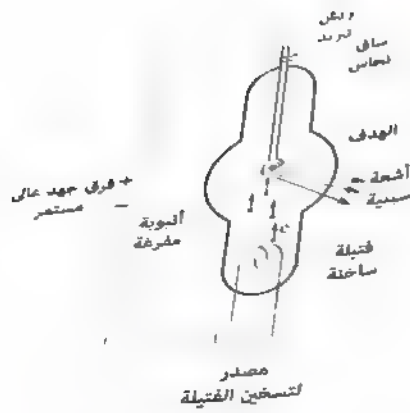
الأشعة السينية X-Rays

* اكتشف العالم رونتجن أشعة كهرومغناطيسية غير مرئية طولها الموجى قصير يتراوح بين 10^{-13} m و 10^{-8} m أى بين الأطوال الموجية لأشعة جاما والأشعة فوق البنفسجية وهى ذات طاقة عالية، وأطلق عليها الأشعة المجهولة أو الأشعة السينية لأنه لم يكن يعرف ماهيتها.

خصائص الأشعة السينية

- 1 ذات قدرة كبيرة على اختراق الأوساط حيث إن طولها الموجى قصير جداً.
- 2 ذات قدرة كبيرة على تأيين الغازات حيث إن طاقتها عالية جداً.
- 2 يحدث لها حيود عند مرورها خلال البلورات حيث إن طولها الموجى قصير مقارنة بالمسافات البينية بين الذرات فى البلورات.
- 4 تؤثر على الألواح الفوتوغرافية الحساسة حيث إن لها تأثير كيميائى.

الفصل على الأشعة السينية باستخدام البوبة غولج



1. أنبوب زجاجية مفرغة من الهواء تحتوي على فتيلة تعمل كمصدر للإلكترونات (الكاثود).
2. مصدر كهربى لتسخين الفتيلة.
3. هدف من عنصر عدده الذرى كبير ومرجحة انصهاره عالية مثل التنجستن.
4. ريش تبريد مثبتة على ساق نحاسية تتصل بالهدف (الأنود) لتبريده.
5. مصدر فرق جهد عالى مستمر بين الفتيلة (الكاثود) والهدف (الأنود)، لتعجيل الإلكترونات المنبعثة من الفتيلة.

شرح العمل

1. عند تسخين الفتيلة (المهبط) تنطلق الإلكترونات منها نحو الهدف تحت تأثير المجال الكهربى.
2. تكتسب الإلكترونات طاقة حركة كبيرة يتوقف مقدارها على فرق الجهد بين الفتيلة والهدف وتحسب طاقة الحركة العظمى للإلكترونات من العلاقة :

$$eV = (KE)_{\max} = \frac{1}{2} m_e v^2$$

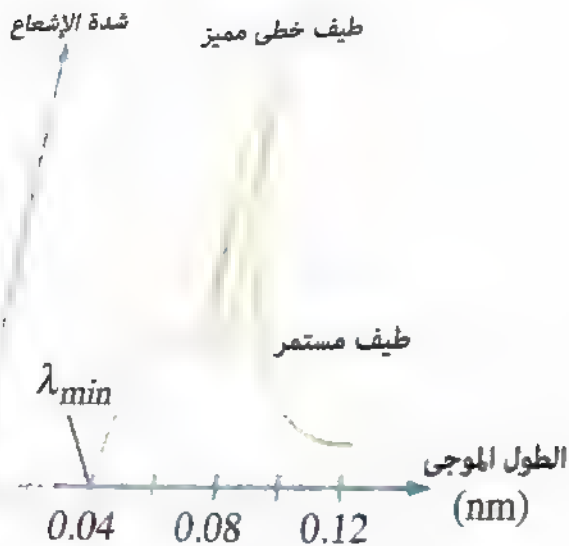
2. عند اصطدام الإلكترونات بالهدف ينطلق من الهدف الأشعة السينية بالإضافة إلى كمية كبيرة من الطاقة الحرارية.

طيف الأشعة السينية

بتحليل حزمة من الأشعة السينية الصادرة من هدف ما إلى مكوناتها من الأطوال الموجية المختلفة نحصل على طيف يتكون من مركبتين كما بالشكل :

1. طيف مستمر يحتوى على جميع الأطوال الموجية فى مدى معين، ولا يتوقف على نوع مادة الهدف بل يعتمد على فرق الجهد بين الفتيلة والهدف.

2. طيف خطى يقابل أطوالاً موجية محددة تميز العنصر المكون لمادة الهدف.



الطيف الخطي (المميز)
للأشعة السينية

الطيف المستمر (المستمر)
للأشعة السينية

الإشعاع الشديد أو الحاد

بطول موجة

أشعة الكاثود (الفرملة) أو الإشعاع اللين
أو الإشعاع الناعم

كثافة التولد

- عند تصادم أحد الإلكترونات المعجلة المنبعثة من الكاثود (الفتيلة) بأحد الإلكترونات القريبة من له إحدى ذرات مادة الهدف يكتسب الأخير طاقة تجعله ينتقل إلى مستوى طاقة أعلى أو يغادر الذرة ويحل محله إلكترون آخر من مستوى طاقة أعلى.
- يظهر الفرق بين طاقتي المستويين على شكل إشعاع له طول موجي محدد، يمكن تعيينه من العلاقة : $\lambda = \frac{hc}{\Delta E}$

عند مرور الإلكترونات المعجلة المنبعثة من الكاثود (الفتيلة) قرب إلكترونات ذرات مادة الهدف تتناقص سرعتها وتقل طاقتها نتيجة التصادمات والتشتت.

- طبقاً لنظرية ماكسويل هيرتز يظهر الفقد في طاقة الإلكترونات على شكل إشعاعاً كهرومغناطيسياً يحتوى على جميع الأطوال الموجية الممكنة لأن الإلكترونات تفقد طاقتها على دفعات وبدرجات متفاوتة.

العوامل التي يتوقف عليها الطول الموجي

- يتوقف الطول الموجي للطيف المستمر على نوع مادة الهدف حيث يقل بزيادة العدد الذري لعنصر مادة الهدف.
- لا يتوقف على فرق الجهد بين الفتيلة والهدف إلا أن الأشعة المميزة قد لا تظهر عند فروق الجهد المنخفضة.

- يتوقف قصر طول موجي (λ_{\min}) للطيف المستمر على فرق الجهد بين الفتيلة والهدف حيث $(\lambda_{\min} \propto \frac{1}{V})$

- لا يتوقف على نوع مادة الهدف.

- يحسب من العلاقة :

$$\Delta E = E_2 - E_1 = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

$$eV = (KE)_{\max} = \frac{1}{2} m_e v^2 = h\nu_{\max} = \frac{hc}{\lambda_{\min}}$$

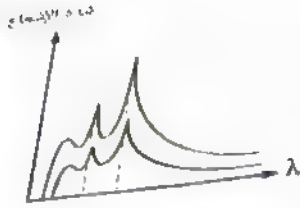
للإلكترون

لفوتون أشعة X

ملاحظات

• عند زيادة فرق الجهد بين الأنود والكاثود،

تزداد طاقة حركة الإلكترونات المصطدمة بمادة الهدف، فيزداد مدى وشدة الأشعة السينية الناتجة، ويقل أقصر طول موجي للعليف المستمر حيث $(\lambda_{\min} \propto \frac{1}{V})$ ويمثل المنحنيان المشار لهما باللونين البرتقالي والأخضر طيف الأشعة السينية المنبعثة من أنبوبة كوليدج قبل وبعد زيادة فرق الجهد بين الأنود والكاثود على الترتيب.



• يمكن زيادة شدة الأشعة السينية عن طريق :

(١) زيادة شدة تيار الفتيلة، مما يؤدي إلى زيادة معدل انبعاث الإلكترونات من الفتيلة والتي تصطدم بالهدف فيزداد معدل انبعاث فوتونات أشعة إكس من الهدف.

(٢) زيادة فرق الجهد بين الأنود والكاثود.

• يمكن زيادة تفضدية أشعة إكس عن طريق زيادة فرق الجهد بين الأنود والكاثود.

مثال ١

في أنبوبة كوليدج إذا كان التيار الناتج عن حركة الإلكترونات في الأنبوبة شدته 10 mA وفرق الجهد بين الفتيلة والهدف 15 kV، احسب :

(١) الطاقة العظمى للإلكترونات.

(ب) أقصى سرعة للإلكترونات.

(ج) أقصر طول موجي للأشعة السينية الصادرة.

(د) عدد الإلكترونات التي تصل للهدف في الثانية.

(علماً بأن : $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$, $h = 6.625 \times 10^{-34} \text{ J.s}$, $m_e = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$, $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$)

الحل

$$I = 10 \times 10^{-3} \text{ A} \quad V = 15 \times 10^3 \text{ V} \quad e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C} \quad m_e = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$h = 6.625 \times 10^{-34} \text{ J.s} \quad c = 3 \times 10^8 \text{ m/s} \quad (KE)_{\max} = ? \quad v = ? \quad \lambda_{\min} = ? \quad N = ?$$

$$(KE)_{\max} = eV = 1.6 \times 10^{-19} \times 15 \times 10^3 = 2.4 \times 10^{-15} \text{ J}$$

(١)

$$(KE)_{\max} = \frac{1}{2} m_e v^2$$

$$v = \sqrt{\frac{2(KE)_{\max}}{m_e}} = \sqrt{\frac{2 \times 2.4 \times 10^{-15}}{9.1 \times 10^{-31}}} = 72.63 \times 10^6 \text{ m/s}$$

(ب)

$$\lambda_{\min} = \frac{hc}{(KE)_{\max}} = \frac{6.625 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{2.4 \times 10^{-15}} = 8.28 \times 10^{-11} \text{ m} = 0.828 \text{ \AA}$$

(ج)

$$n = \frac{Q}{e} = \frac{It}{e} = \frac{10 \times 10^{-3} \times 1}{1.6 \times 10^{-19}} = 6.25 \times 10^{16} \text{ electron}$$

(د)

مثال ٢

الشكل البياني المقابل يوضح العلاقة بين شدة الإشعاع والطول الموجي لطيف الأشعة السينية المنبعثة من أنبوبة كولدج. احسب:

(١) فرق الجهد بين القتيلة والهدف.

(ب) أعلى تردد للطيف الخطي للأشعة السينية.

(علمًا بأن : $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$, $h = 6.625 \times 10^{-34} \text{ J.s}$, $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$)

الحل

$$\lambda_{\min} = 1 \times 10^{-10} \text{ m} \quad \lambda_1 = 4.5 \times 10^{-10} \text{ m} \quad \lambda_2 = 5.5 \times 10^{-10} \text{ m} \quad e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$h = 6.625 \times 10^{-34} \text{ J.s} \quad c = 3 \times 10^8 \text{ m/s} \quad V = ? \quad v_{\max} = ?$$

(١)

$$eV = \frac{hc}{\lambda_{\min}}$$

$$V = \frac{hc}{e\lambda_{\min}} = \frac{6.625 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{1.6 \times 10^{-19} \times 1 \times 10^{-10}} = 1.24 \times 10^4 \text{ V}$$

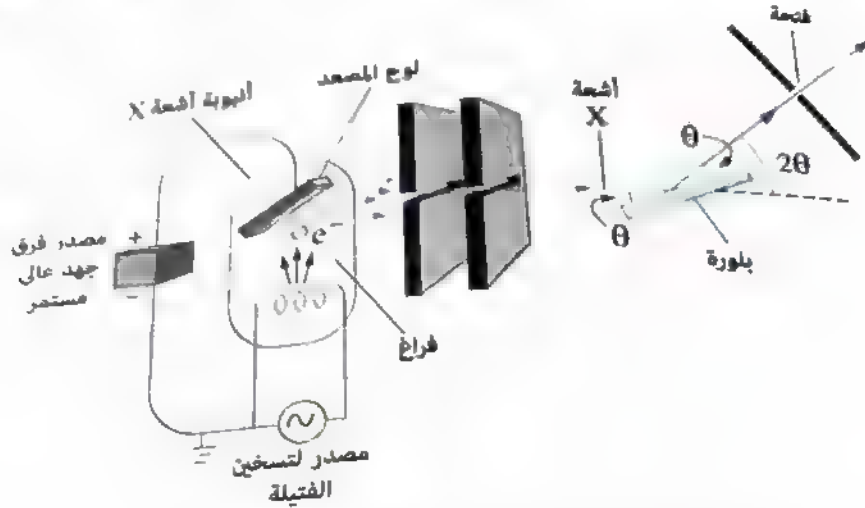
(ب)

$$v_{\max} = \frac{c}{\lambda_1} = \frac{3 \times 10^8}{4.5 \times 10^{-10}}$$

$$= 6.67 \times 10^{17} \text{ Hz}$$

تطبيقات الأشعة السينية

تستخدم الأشعة السينية في :
دراسة التركيب البلوري للمواد ،
لأن الأشعة السينية تتميز بقابليتها للحيود عند مرورها في البلورات فتحدث بداخلها موجات التي تتداخل من بين الذرات كما لو كانت فتحات متعددة (مثل محسوز الحيود) حيث يكون قد حصل تداخل مخطط بينها الفرق المسار بين الموجات المتداخلة.



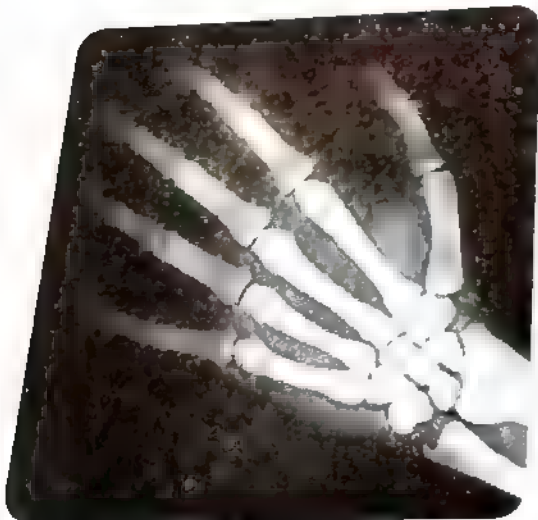
استخدام أشعة إكس في دراسة التركيب البلوري للمواد

الكشف عن العيوب التركيبية في المواد المستخدمة في الصناعات المعدنية،

نظراً لقدرتها الكبيرة على النفاذ خلال المسافات متناهية الصغر والتي لا ينفذ منها الضوء المنظور حيث إن الطول الموجي للأشعة السينية أقل من المسافات البينية بين الذرات.

تصوير العظام وتحديد أماكن الكسور أو الشروخ وبعض التشخيصات الطبية،

نظراً لقدرتها على اختراق الأجسام بدرجات متفاوتة حيث تنفذ من أماكن الكسور بدرجة أكبر من نفاذها خلال العظام وأيضاً تأثيرها على الألواح الفوتوغرافية الحساسة وبذلك يتم تحديد أماكن الكسور أو الشروخ.



(KE)

v =

h

h

h

h

h

h

h

h

h

h

h

h

h

h

h

h

h

h

h

h

h

h

h

h

h

h

57 اختبار نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

١. قدرة أشعة X الناتجة من أنبوبة كوليدج على اختراق المواد لا تعتمد على

(أ) الطول الموجي للأشعة

(ب) طاقة الإلكترونات المنبعثة من المهبط

(ج) شدة تيار الفتيلة بأنبوبية كوليدج

(د) فرق الجهد المطبق بين المهبط والمصدر

٢. إذا كان فرق الجهد بين المصدر والمهبط في أنبوبة كوليدج $1.4 \times 10^4 \text{ V}$ ، فإن أقل طول موجي للطيف

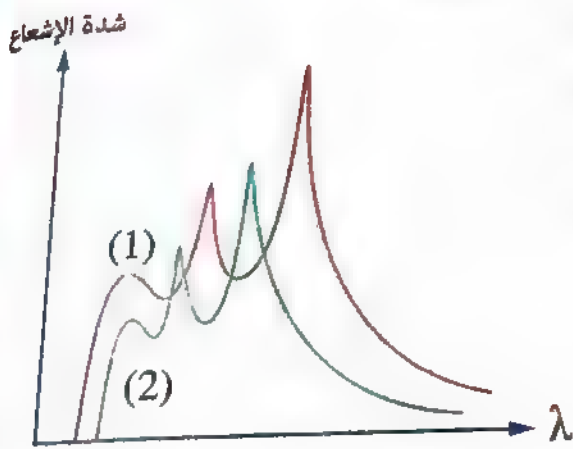
المستمر للأشعة السينية المنبعثة يساوي

(علماً بأن : $h = 6.625 \times 10^{-34} \text{ J.s}$, $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$, $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$)(أ) $5.96 \times 10^{-10} \text{ m}$ (ب) $8.87 \times 10^{-11} \text{ m}$ (ج) $2.63 \times 10^{-9} \text{ m}$ (د) $9.78 \times 10^{-10} \text{ m}$

٣. الشكل البياني المقابل يمثل العلاقة بين شدة الأشعة

السينية والطول الموجي لها (λ) لطيفين ناتجين من أنبوبيتيكوليدج يعملان على فرقتي جهدين مختلفين V_2 , V_1 وهدفين من مادتين مختلفتين عددهما الذري Z_2 , Z_1 لذلك

فإن



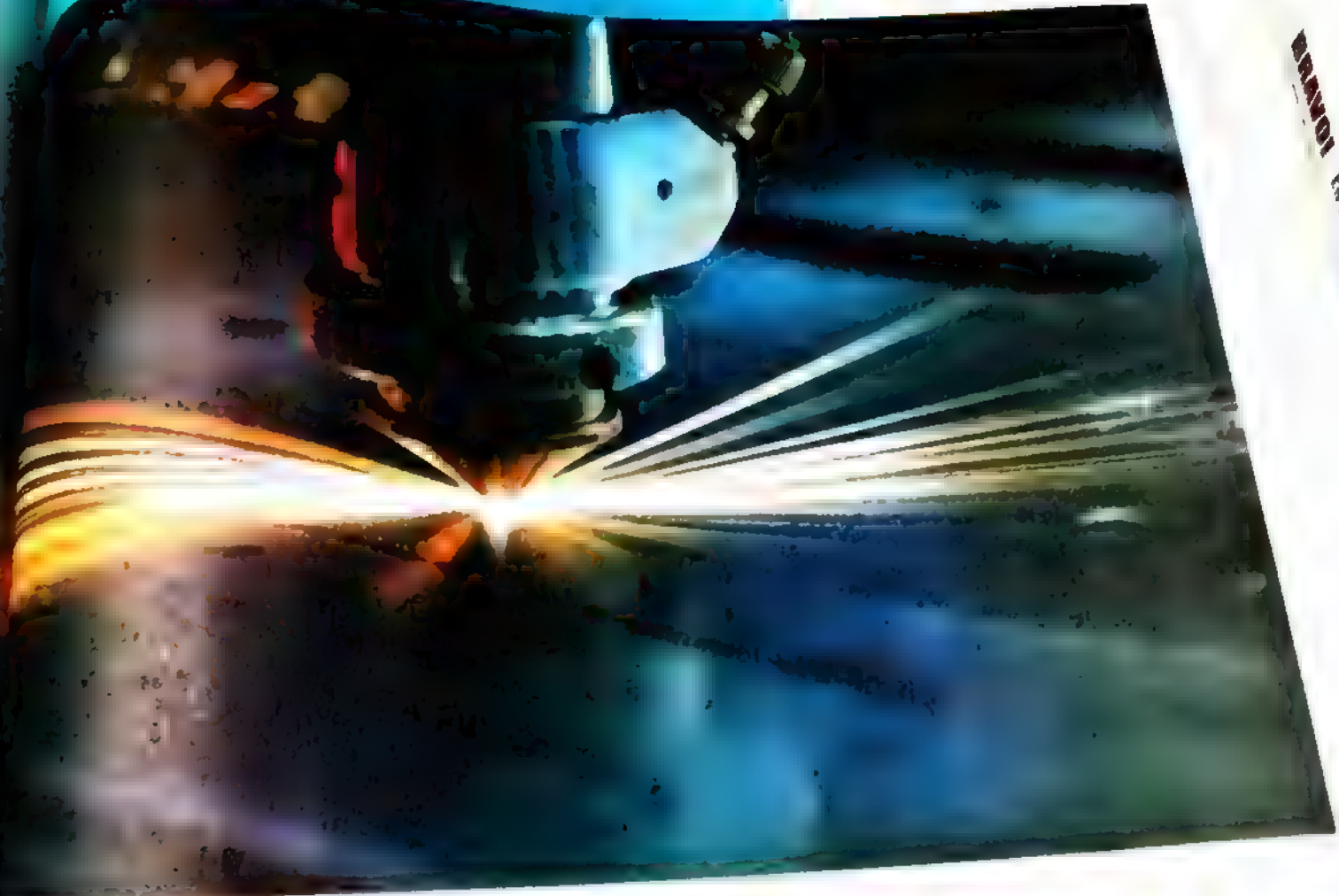
العلاقة بين Z_2 , Z_1	العلاقة بين V_2 , V_1	
$Z_1 > Z_2$	$V_1 > V_2$	(أ)
$Z_1 < Z_2$	$V_1 > V_2$	(ب)
$Z_1 = Z_2$	$V_1 < V_2$	(ج)
$Z_1 < Z_2$	$V_1 < V_2$	(د)

الوحدة الثانية
مقدمة
الطاقة المتجددة

التشغيل

7





- ◀ الانبعاث التلقائي والانبعاث المستحث.
- ◀ العناصر الأساسية لليزر.
- ◀ أنواع الليزر.
- ◀ تطبيقات على الليزر.
- ◀ خصائص أشعة الليزر.
- ◀ نظرية عمل الليزر [الفعل السرري].
- ◀ ليزر [الهيليوم - نيون].

قام العالم الأمريكي ميمان عام ١٩٦٠م باختراع أول جهاز ليزر باستخدام بلورة من الياقوت المطعم بالنيوم، ثم توالى ابتكار الأنواع المختلفة من أجهزة الليزر حتى أصبح الليزر يغطي مناطق عديدة من الطيف الكهرومغناطيسي منها المنطقة المرئية وفوق البنفسجية وتحت الحمراء وغيرها مما أدى إلى انتشار استخدامه سواء في أفرع العلوم التطبيقية كالطب والهندسة والاتصالات أو أفرع العلوم الأساسية كالكيمياء والفيزياء والبيولوجيا والجيولوجيا.

وجاءت تسمية كلمة ليزر (LASER) من الحروف الأولى للعبارة :

Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation

وتعني تكبير شدة الضوء بواسطة الانبعاث المستحث للإشعاع وهي تعبر عن فكرة عمل الليزر.

الانبعاث التلقائي والانبعاث المستحث Spontaneous Emission and Stimulated Emission

وتكون الذرة في الحالة العادية (مستقرة) عندما تكون في المستوى الأرضي (طاقته E_0)، وعندما تكتسب الذرة فوتون طاقته $h\nu = E_n - E_0$ حيث $E_n = E_1$ أو E_2 أو E_3 أو ... فإنها تنتقل من المستوى الأرضي إلى أحد مستويات الطاقة الأعلى (E_n) والتي تسمى مستويات الإثارة، وتعرف هذه العملية بعملية إثارة الذرة.

تفقد الذرة المثارة طاقة الإثارة بعد فترة زمنية قصيرة جداً وتعود إلى مستواها الأرضي، وذلك بإحدى الطريقتين :

١) الانبعاث التلقائي ويحدث بعد انتهاء فترة العمر للذرة في حالة الإثارة بدون مؤثر خارجي.

٢) الانبعاث المستحث ويحدث قبل انتهاء فترة العمر للذرة في حالة الإثارة بتأثير سقوط فوتون آخر له نفس طاقة الإثارة عليها.

إثارة الذرة

عملية امتصاص الذرة لفوتون وانتقالها من المستوى الأرضي إلى أحد مستويات الإثارة.

فترة العمر

الفترة الزمنية التي تتخلص بعدها الذرة من طاقة الإثارة بإشعاعها على شكل فوتون وتعود إلى حالتها العادية تلقائياً.

ويمكن توضيح الفرق بينهما كما يلي :

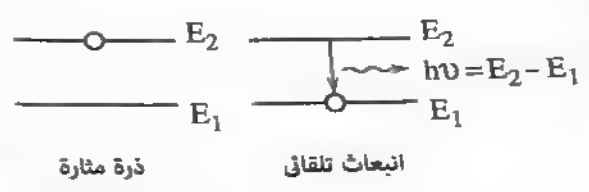
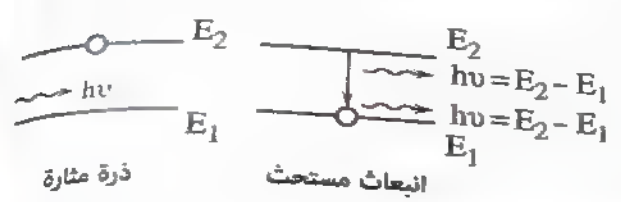
الانبعاث المستحث

الانبعاث التلقائي

كيفية الحدوث

عند انتقال الذرة المثارة من مستوى الإثارة إلى مستوى آخر أقل منه في الطاقة قبل انتهاء فترة العمر بتأثير سقوط فوتون طاقته تساوى فرق الطاقة بين المستويين تشع الذرة فوتوناً طاقته تساوى الفرق بين طاقتي المستويين منبعثاً مع الفوتون الساقط

عند انتقال الذرة المثارة من مستوى الإثارة إلى مستوى آخر أقل منه في الطاقة تلقائياً (دون أى مؤثر خارجي) بعد انتهاء فترة العمر (حوالي 10^{-8} s) تشع الذرة فوتوناً طاقته تساوى الفرق بين طاقتي المستويين



خصائص الفوتونات المنبعثة من الذرة

- ينبعث فوتونان متساويان في التردد يتحركان في نفس الاتجاه بنفس الطور (أى مترابطان).
- للفوتونات المنبعثة من ذرات الوسط تغطي مدى كبير من الأطوال الموجية في الطيف الكهرومغناطيسي.
- تنتشر الفوتونات بصورة عشوائية في جميع الاتجاهات.
- يقل تركيز الفوتونات أثناء الانتشار، بحيث تتناسب شدة الإشعاع عكسياً مع مربع البعد عن المصدر (تخضع لقانون التربيع العكسي).
- ينبعث فوتون طاقته تساوى فرق الطاقة بين المستويين.
- الفوتونات المنبعثة من ذرات الوسط تغطي مدى كبير من الأطوال الموجية في الطيف الكهرومغناطيسي.
- تنتشر الفوتونات بصورة عشوائية في جميع الاتجاهات.
- يقل تركيز الفوتونات أثناء الانتشار، بحيث تتناسب شدة الإشعاع عكسياً مع مربع البعد عن المصدر (تخضع لقانون التربيع العكسي).

أمثلة

مصادر الليزر

مصادر الضوء العادية مثل مصباح التنجستين

* مما سبق يمكن تعريف كل من الانبعاث التلقائي والانبعاث المستحث وقانون التربيع العكسي كالتالى :

انطلاق فوتون من الذرة المثارة نتيجة سقوط فوتون آخر خارجى له نفس طاقة الفوتون المسبب لإثارتها قبل انتهاء فترة العمر لتخرج فى النهاية فوتونات فى حالة ترابط (لها نفس الطور والاتجاه والتردد).

انطلاق فوتون من الذرة المثارة عند انتقالها من مستوى طاقة أعلى إلى مستوى طاقة أقل بعد انتهاء فترة العمر تلقائياً (بدون أى مؤثر خارجى).

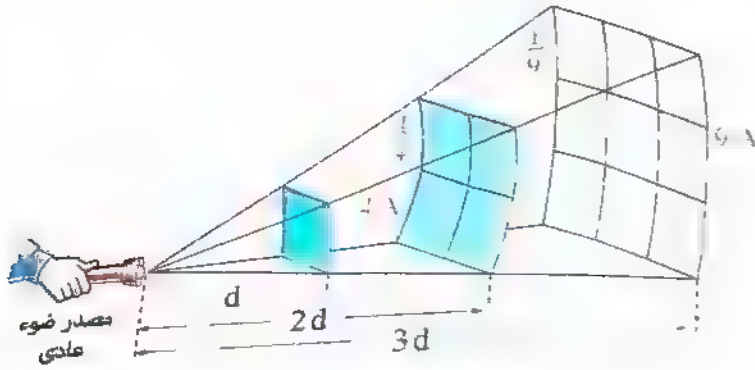
قانون التربيع العكسي

تناسب الشدة الضوئية (I) الساقطة على سطح عكسياً مع مربع المسافة (d^2) بين السطح والمصدر الضوئى.

أى أنه

$$I \propto \frac{1}{d^2}$$

$$\therefore \frac{I_1}{I_2} = \frac{d_2^2}{d_1^2}$$



(حيث (A) تمثل المساحة)

ملاحظة

* بالرغم من انبعاث فوتونين بتأثير فوتون واحد فى عملية الانبعاث المستحث، فإن ذلك لا يُعد خرقاً لقانون

بقاء الطاقة،

لأن أحد الفوتونين هو الفوتون الساقط على الذرة المثارة والآخر ناتج عن عودة الذرة من مستوى الإثارة إلى مستوى طاقة أقل.

خصائص أشعة الليزر

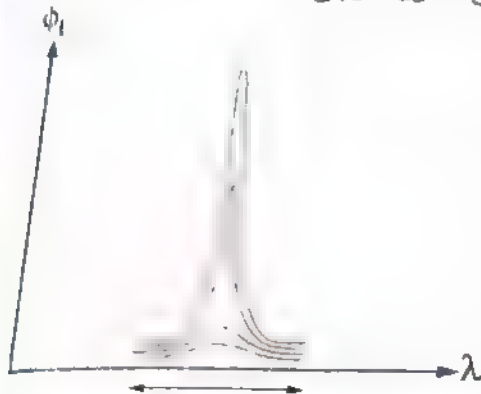
تتميز أشعة الليزر عن أشعة الضوء العادي في أنها ناتجة عن انبعاث مستحث للذرات أما أشعة الضوء العادي يكون الانبعاث السائد فيها هو الانبعاث التلقائي، وهذا الاختلاف ينعكس على خصائص كل منهما كما يلي:

الليزر

الضوء العادي

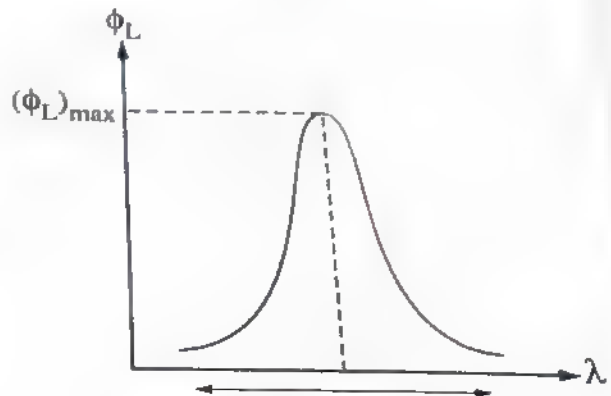
الانبعاث الطيفي

- الفوتونات المنبعثة لها مدى ضئيل جدًا من الأطوال الموجية (أي يتميز باتساع طيفي صغير).
- تتركز الشدة عند طول موجي معين لذلك يعتبر ضوء أحادي الطول الموجي.



المدى الطيفي لضوء الليزر

- الفوتونات المنبعثة لها مدى كبير من الأطوال الموجية (أي يتميز باتساع طيفي كبير) لذا توجد درجات مختلفة من اللون الواحد.
- تتفاوت شدة الإشعاع من طول موجي لآخر.



المدى الطيفي للضوء العادي

الترابط

- فوتونات الليزر مترابطة زمنيًا ومكانيًا لأنها:
 - تنطلق من المصدر في نفس اللحظة.
 - تحتفظ فيما بينها بفرق طور ثابت أثناء الانتشار لمسافات طويلة مما يجعلها أكثر شدة وأكثر تركيزًا.

- فوتونات الضوء العادي غير مترابطة زمنيًا ومكانيًا لأنها:
 - تنطلق من المصدر في لحظات مختلفة.
 - تنتشر باختلاف كبير وغير ثابت في الطور.

الشدة

تظل شدة الضوء الساقط على السطح ثابتة تقريبًا مهما كانت المسافة بين السطح والمصدر الضوئي ويرجع ذلك إلى ترابط الفوتونات وصغر انقراج ومحدودية تشتت أشعتها فتكون الأشعة أكثر شدة وتركيز فتنتشر لمسافات بعيدة دون تشتت يذكر وبالتالي لا تخضع لقانون التربيع العكسي



شدة إضاءة
ثابتة

تقل شدة الضوء الساقط على السطح بزيادة المسافة بين السطح والمصدر الضوئي ويرجع ذلك إلى عدم ترابط الفوتونات وكذلك انقراج وتشتت الأشعة الضوئية وبالتالي تخضع لقانون التربيع العكسي أثناء انتشارها



شدة إضاءة
قوية شدة إضاءة
ضعيفة

توليد الحزمة الضوئية

يظل قطر الحزمة الضوئية ثابتاً أثناء انتشارها لمسافات طويلة، حيث تتحرك حزمة الليزر بصورة متوازية (زاوية الانقراج ضئيلة جداً) ولا تعاني تشتت يذكر لأن فوتونات الليزر مترابطة زمانياً ومكانياً ومن ثم يمكن نقل الطاقة الضوئية لمسافات طويلة دون فقد ملحوظ

يزداد قطر الحزمة الضوئية أثناء انتشارها نتيجة التشتت (زاوية الانقراج كبيرة نسبياً)



اختبار نفسيك

لنشر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

- لا تتبع أشعة الليزر قانون التربيع العكسي في الضوء لأنها
- ① متوازية وقليلة التشتت
 - ② ذات طول موجي واحد
 - ③ ذات شدة منخفضة
 - ④ قصيرة الطول الموجي

العناصر الأساسية لليزر

بالرغم من وجود أنواع مختلفة من الليزر إلا أن أي جهاز ليزر يتضمن ثلاثة عناصر أساسية، هي :



وستتناول فيما يلي كل منها على حدة بشيء من التفصيل.

الوسط الفعال

* هو المادة الفعالة التي تنبعث من ذراتها فوتونات الليزر، وقد يكون في صورة :

- | | |
|-----------------------|--|
| ① بلورات صلبة | مثل) — الياقوت الصناعي. |
| ② مواد صلبة شبه موصلة | مثل) — بلورات السيليكون. |
| ③ صبغات سائلة | مثل) — الصبغات العضوية المذابة في الماء. |
| ④ ذرات غازية | مثل) — خليط غازي الهيليوم والنيون. |
| ⑤ غازات متأينة | مثل) — غاز الأرجون المتأين. |
| ⑥ جزيئات غازية | مثل) — غاز ثاني أكسيد الكربون. |

٢ مصادر الطاقة

* هي المسئولة عن إكساب ذرات أو جزيئات أو أيونات الوسط الفعال الطاقة اللازمة لإثارتها، ومنها :

١ الإثارة بالطاقة الكهربائية :

وتتم عن طريق :

التفريغ الكهربى باستخدام فرق جهد عالى مستمر وغالبًا ما تستخدم هذه الطريقة فى أجهزة الليزر الغازية مثل ليزر (الهيليوم - نيون) وليزر ثانى أكسيد الكربون وليزر الأرجون.
- استخدام مصادر الترددات الراديوية.

٢ الإثارة بالطاقة الضوئية :

وتعرف وتتم عن طريق استخدام :

- المصابيح الوهاجة ذات الطاقات العالية كما فى ليزر الياقوت.
- شعاع ليزر كما فى ليزر الصبغات السائلة.

٣ الإثارة بالطاقة الحرارية : حيث يستخدم التأثير الحرارى الناتج عن الضغط الحركى للغازات فى إثارة ذرات المواد التى تبعث أشعة الليزر.

٤ الإثارة بالطاقة الكيميائية : حيث تستخدم الطاقة الناتجة عن بعض التفاعلات الكيميائية لإنتاج شعاع الليزر مثل الطاقة الناتجة عن تفاعل مزيج من الهيدروجين والفلور أو فلوريد الديوتيريوم وثانى أكسيد الكربون.

٣ التجويف الرنينى

* هو الوعاء الحاوى للمادة الفعالة والمنشط والمسئول عن عملية التكبير، وهو نوعان :

١ تجويف رنينى داخلى

- حيث يتم طلاء نهايتى المادة الفعالة لتعمل كمرآتين متوازيتين ومتعامدتين على محور الأنبوبة إحداهما عاكسة والأخرى شبه منفذة لتسمح بمرور بعض أشعة الليزر المتولدة وهو نوع التجويف المستخدم فى ليزر الجوامد، مثل ليزر الياقوت.



٢ تجويف رنينى خارجى

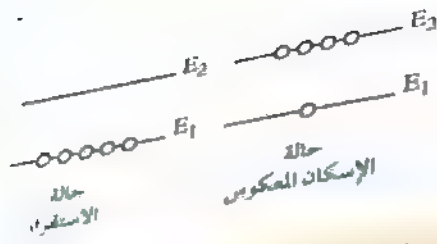
- عبارة عن مرآتين متوازيتين وعموديتين على محور الأنبوبة إحداهما عاكسة والأخرى شبه منفذة تحصران بينهما المادة الفعالة بحيث تكون الانعكاسات المتعددة بينهما هى الأساس فى عملية التكبير الضوئى وهو نوع التجويف المستخدم فى ليزر الغازات، مثل ليزر (الهيليوم - نيون).

مرآة شبه منفذة

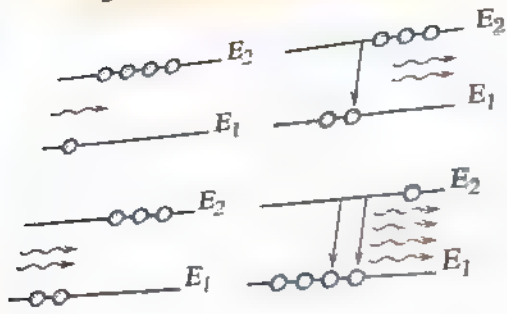
مرآة عاكسة



نظرية عمل الليزر (الفعل الليزري)



يتمتع الفعل الليزري على :
الوصول بذرات أو جزيئات الوسط الفعال إلى حالة الإسكان المعكوس.
حالة الإسكان المعكوس



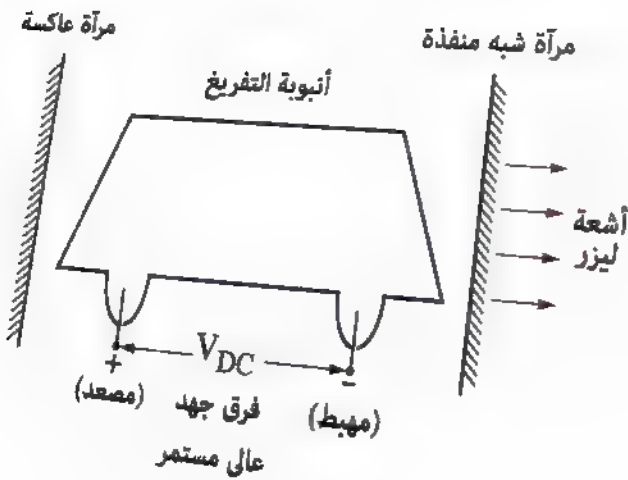
انطلاق فوتونات من الذرات المثارة بالانبعاث المستحث.
تضخيم الإشعاع المنطلق بالانبعاث المستحث داخل التجويف الرنيني حيث تحدث انعكاسات متتالية للإشعاع بين سطحي مرآتي التجويف فيحدث ذرات أخرى على طول مساره لتولد فوتونات جديدة.

أنواع الليزر

- هناك أنواع مختلفة من الليزر فهناك :
- ليزرات سائلة مثل ليزر الصبغات السائلة.
- ليزرات صلبة مثل ليزر الياقوت.
- ليزرات غازية مثل ليزر (الهيليوم - نيون) وليزر الأرجون.
- ليزرات تتناول بشيء من التفصيل دراسة أحد الليزرات الغازية وهو ليزر (الهيليوم - نيون).

ليزر (الهيليوم - نيون) Helium-Neon Laser

تركيب الجهاز



- 1 أنبوبة من زجاج الكوارتز بها خليط من نرات غازي الهيليوم والنيون بنسبة 1 : 10 تحت ضغط منخفض حوالي 0.6 mmHg
- 2 مرأتان مستويتان متوازيتان ومتعامدتان على محور الأنبوبة إحداهما عاكسة (معامل انعكاسها 99.5 %) والأخرى شبه منفذة (معامل انعكاسها 98 %).
- 3 مجال كهربى عالي التردد أو فرق جهد كهربى عالي مستمر يسلط على الغاز داخل الأنبوبة لإحداث تفريغ كهربى وإثارة ذرات الغاز.

1-2023-2-3

ويعمل فريق الهندسة الكهربائية على حدود فريق
كهربائي طلال الاشوية والذي يؤدي إلى إثارة
ذرات الهيليوم إلى مستويات طاقة أعلى.

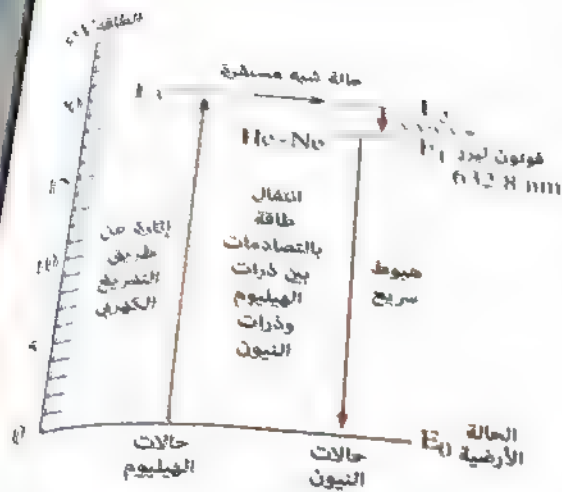
نستخدم ذرات الهيليوم المتارة بصامتاً غير مرئياً مع ذرات نيون غير متارة ونظيراً لتقارب قيم طاقة مستويات الإثارة بشبه المستقرة فيها تنتقل طاقة الإثارة من ذرات الهيليوم إلى ذرات النيون فتثار ذرات النيون.

٢ باستمرار عملية التصادم بين ذرات الهيليوم المثارة وذرات النيون يحدث تراكم لذرات النيون في مستوى إثارة يتميز بكبر فترة العمر له (حوالي 10^{-3} s) يعرف بمستوى الطاقة شبه المستقر، وبذلك يتحقق وضع الإسكان المعكوس لغاز النيون.

٤ تهيئ بعض ذرات النيون تلقائياً إلى مستوى إثارة أقل وينطلق منها فوتونات طاقة كل منها تساوي الفرق بين طاقتي المستويين، تنتشر هذه الفوتونات بصورة عشوائية في جميع الاتجاهات داخل الأنبوبة.

٥ الفتونات التي تتحرك في اتجاه محور الأنبيوية أو موازية له تصطدم بإحدى المرأتين فتترد إلى الداخل مرة أخرى لتحث عدة انعكاسات متتالية.

٦ أثناء حركة الفوتونات بين المرأتين تصطدم ببعض ذرات النيون التي لم تنتهي فترة العمر لها في المستوى شبه المستقر، فيحدث لها انبعاث مستحث وينطلق من كل ذرة فوتونان لهما نفس التردد والطور والاتجاه.





- ١ تتكرر الخطوة السابقة مرات عديدة وفي كل مرة ينضاعف عدد الفوتونات الناتج بالانبعاث المستحث من الاتجاه الموازي لمحور الأنبوبة حتى تتم عملية تضخيم الإشعاع.
- ٢ عندما تصل شدة الإشعاع إلى حد معين يخرج جزء منه من خلال المرآة شبه المنفذة على شكل شعاع ليزر. ويبقى باقى الإشعاع داخل الأنبوبة لتستمر عملية الانبعاث المستحث وتضخم شعاع الفوتونات وإطلاق الليزر.
- ٣ ذرات النيون التى هبطت إلى مستوى الإثارة الأقل تفقد ما بقى بها من طاقة إثارة بطرق متعددة مثل التصادم أو الانبعاث التلقائى كإشعاع حرارى ويهبط إلى المستوى الأرضى ثم تعود لتثار بالتصادم مع ذرات هيليوم مثارة أخرى.
- ٤ ذرات الهيليوم التى فقدت طاقة إثارتها بالتصادم بذرات النيون تثار بدورها مرة أخرى بفعل التفريغ الكهربى داخل الأنبوبة وهكذا.

ملاحظات

- خليط غازى الهيليوم والنيون مناسب لإنتاج ليزر غازى.
- تقارب قيم طاقة مستويات الإثارة شبه المستقرة فيهما.
- يشترط فى مصادر الليزر أثناء التشغيل أن يصل الوسط الفعال لوضع الإسكان المعكوس فى حين لا يتطلب ذلك فى مصادر الضوء العادية.
- لأن أساس عمل الليزر تواجد أكبر عدد من الذرات فى مستوى إثارة شبه مستقر حتى يكون الانبعاث المستحث هو الانبعاث السائد أما فى مصادر الضوء العادية يكون الانبعاث التلقائى هو الانبعاث السائد.

اختبر نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

- ١ فى ليزر (الهيليوم - نيون) من خطوات إنتاج شعاع الليزر فقد ذرة الهيليوم المثارة لطاقة إثارتها عن طريق تصادمها مع
 - أ ذرة هيليوم أخرى مستقرة
 - ب جدران أنبوبة التفريغ الكهربى
 - ج ذرة نيون غير مثارة
 - د ذرة هيليوم أخرى مثارة
- ٢ من خطوات إنتاج ليزر (الهيليوم - نيون) تحقق وضع الإسكان المعكوس لذرات
 - أ الهيليوم فقط
 - ب النيون فقط
 - ج كل من الهيليوم والنيون
 - د أحياناً الهيليوم وأحيان أخرى النيون

مجاب عليها

تطبيقات علم البصريات

• تستخدم أشعة الليزر في مجالات متعددة منها

- ١ التصوير المجسم (الهولوغرافى).
- ٢ مجال الاتصالات.
- ٣ مجال الصناعة.
- ٤ أعمال المساحة لتحديد المساحات والأبعاد بدقة.
- ٥ عروض الليزر والفنون.
- ٦ مجال الطب.
- ٧ المجالات العسكرية.
- ٨ مجال الحاسبات.
- ٩ أبحاث الفضاء.

• وفيما يلى سنتناول بعضها بشيء من التفصيل :

التصوير المجسم (الهولوغرافى)

• تتكون صور الاجسام بجميع الاشعة المنعكسة من الجسم المراد تصويره . على اللوح

يتم تسجيل المعلومات التى تحملها الاشعة .

١ فى الصورة المستوية :

يسجل اللوح الفوتوغرافى الحساس جزء فقط من المعلومات التى تحملها الاشعة المنعكسة . سطح الجسم وهو الاختلاف فى الشدة الضوئية فقط ، والتى تتناسب طردياً مع مربع سعة الموجة الضوئية .

٢ فى الصورة المجسمة :

يسجل اللوح الفوتوغرافى الحساس كل المعلومات التى تحملها الاشعة المنعكسة عن سطح جسم مثل الاختلاف فى الشدة الضوئية والاختلاف فى الطور نتيجة اختلاف طول مسار الاشعة . سى ينتج عن اختلاف تضاريس الجسم) ويمكن التعبير عن علاقة فرق الطور بين الاشعة المنعكسة و فرق المسار بينها بالعلاقة : (فرق الطور = $\frac{2\pi}{\lambda} \times \text{فرق المسار}$) ،

مثال ، فى الشكل المقابل تسقط اشعة ضوئية

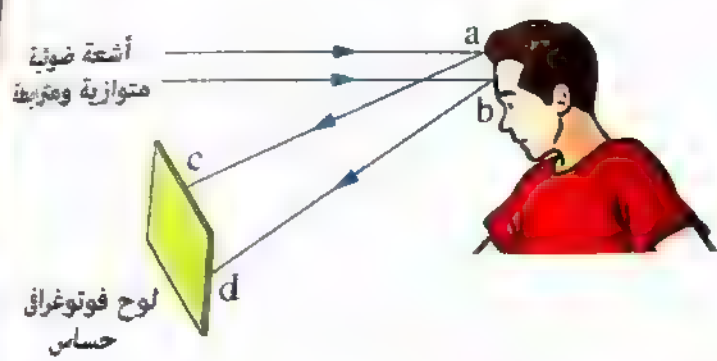
متوازية ومتراصة على وجه شخص حيث :

• النقطة a قاتمة وبارزة :

فيكون الشعاع الضوئى المنعكس عنها شدته صغيرة ويرتحل مسافة أصغر .

• النقطة b فاتحة اللون ومنخفضة :

فيكون الشعاع الضوئى المنعكس عنها شدته أكبر ويرتحل مسافة أكبر .

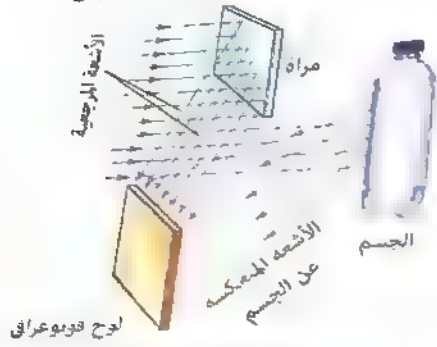


وبالتالى فإن الشعاعين ac ، bd مختلفين فى الشدة والطور نتيجة اختلاف خصائص السطح (تباين اللون والتضاريس).

آلية التصوير المجسم

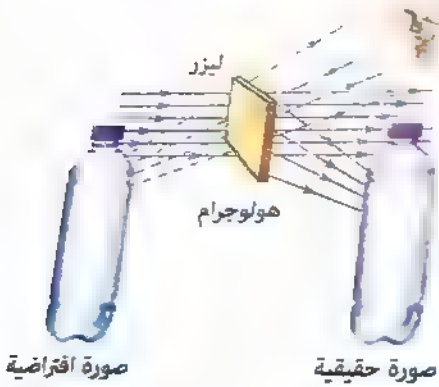
اقترح العالم جابور في عام ١٩٤٨ طريقة لتسجيل ما لم يمكن تسجيله من معلومات ثلاثية الأبعاد المستوية واستخراجها من الأشعة التي تترك الجسم المضاء ويتم ذلك كالآتي:

- ١ تقسم حزمة من أشعة الليزر (أشعة متوازية ومتراكبة وأحادية الطول الموجي) إلى قسمين:
- ١ حزمة يتم توجيهها بواسطة المراة المستوية إلى اللوح الفوتوغرافي تسمى الأشعة المرجعية.
- ٢ حزمة تسقط على الجسم المراد تصويره وتنعكس وفيما بينها اختلاف في الشدة والطور من نقطة إلى أخرى معبرة عن خصائص سطح الجسم.



٢ تلتقي الأشعة المرجعية مع الأشعة التي تنعكس عن الجسم المضاء حاملة المعلومات عند اللوح الفوتوغرافي.

٣ يحدث تداخل ضوئي بين حزمتي الأشعة، وعند تجميع اللوح الفوتوغرافي تظهر هُذب التداخل والتي يعتمد تكوينها على فرق الطور بين الأشعة على هيئة صورة مشفرة تسمى الهولوجرام.



٤ بإضاءة الهولوجرام بأشعة ليزر لها نفس الطول الموجي للأشعة المرجعية وبالنظر خلاله بالعين المجردة نرى صورة مماثلة للجسم تماماً بإبعاده الثلاثة دون استخدام عدسات.

* مما سبق يمكن تعريف الهولوجرام كالآتي:

الهولوجرام

صورة مشفرة تتكون نتيجة تداخل الأشعة المرجعية مع الأشعة المنعكسة عن الجسم المراد تصويره وتظهر على شكل هُذب تداخل بعد تجميع اللوح الفوتوغرافي.

ملاحظات

* لا يمكن تكوين صور بأبعادها الثلاثية إلا باستخدام أشعة الليزر،

لأن شرط الحصول على الصور ثلاثية الأبعاد استخدام فوتونات مترابطة توضح اختلاف كل من شدة الإضاءة وفرق الطور لهُذب التداخل الناتجة عنها وهذا لا يتوافر إلا في أشعة الليزر.

* باستخدام أشعة الليزر يمكن تخزين عشرات الصور على الهولوجرام كما يمكن الحصول على صور مجسمة لأجسام متحركة.

٢ مجال الطب

- * تستخدم أشعة الليزر مع الألياف الضوئية في التشخيص والعلاج بالمنظار.
- * كما تستخدم أيضًا في طب العيون.

١ لعلاج انفصال شبكية العين :

- عندما تفصل بعض أجزاء من الشبكية عن الطبقة التي تحتها، يؤدي ذلك إلى فقد الأجزاء المصابة بالانفصال لوظيفتها، وإذا لم يتم علاجها بسرعة قد تتعرض العين لانفصال تام للشبكية وتفقد قدرتها على الإبصار.
- بتصويب حزمة رفيعة من الليزر إلى الأجزاء المصابة بالانفصال أو التمزق تعمل الطاقة الحرارية لأشعة الليزر على إتمام عملية الالتحام في أجزاء من الثانية.

٢ لعلاج حالات قصر النظر وطول النظر فيستغنى المريض عن النظارة.

٣ مجال الاتصالات

- * تستخدم أشعة الليزر والألياف الضوئية كبديل لكابلات التليفونات.

المجالات العسكرية

- * تستخدم أشعة الليزر في توجيه الصواريخ بدقة عالية وفي القنابل الذكية وراдар الليزر، وفيما يعرف بحرب النجوم حيث تستخدم أشعة الليزر لتدمير الصواريخ والطائرات وهي في الفضاء بعد إطلاقها مباشرة.

٥ مجال الصناعة

- * تولد بعض أنواع الليزر طاقة تكفي لصهر المعادن (فمثلاً يمكن تركيز ضوء الليزر لإسالة الحديد وتسخيره) ومنها ما يولد طاقة تكفي لثقب الماس.

مجال الحاسبات

- * يستخدم في :

١ التسجيل على الأقراص المدمجة (CDs).

٢ طابعة الليزر حيث يستخدم شعاع الليزر في نقل المعلومات من الكمبيوتر إلى أسطوانة عليها مادة حساسة للضوء ثم يتم الطبع على الورق باستخدام الحبر.

٦٠٠ اختر نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

استخدم شعاع ليزر طوله الموجي λ في التصوير الجسم فكان فرق الطور بين الأشعة المنعكسة $\frac{\pi}{2}$ ، فإن فرق المسار بينها

١) $\frac{\lambda}{4}$

٢) $\frac{\lambda}{2}$

٣) 2λ

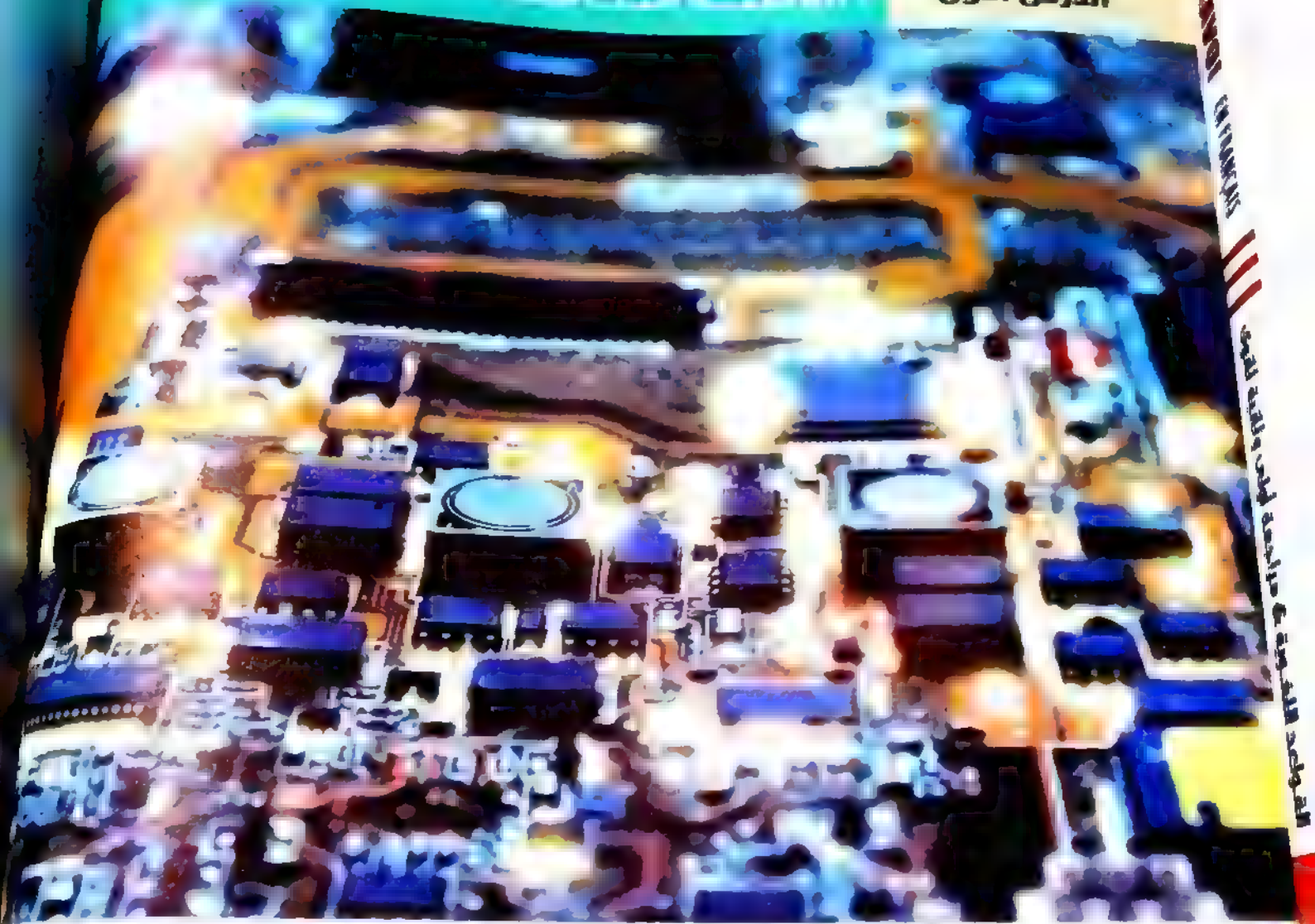
٤) 4λ

الوحدة الثامنة
مقدمة
من الحداثة الحديثة

الفصل

8





في هذا الدرس سوف نتعرف :

- ◀ بلورة شبه الموصل النقي.
- ◀ طرق رفع كفاءة توصيل المادة شبه الموصلة.
- ◀ قانون فعل الكتلة في أشباه الموصلات.
- ◀ الوصلة الثنائية [الدايود].

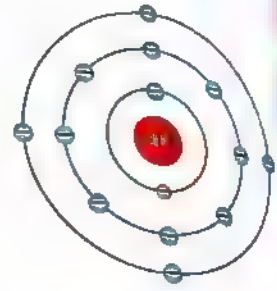
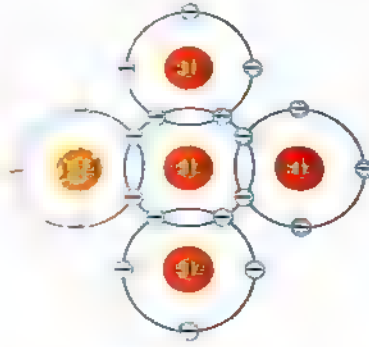
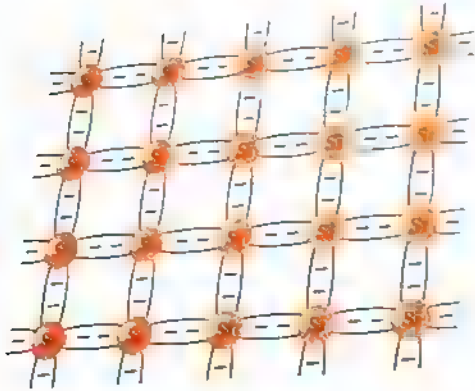
مصادر توصيلها الكهربائية منخفضة جداً
الموصلات والعوازل. ونموذج من التوصيل
الكهربائي لها ترددات عالية ودرجة الحرارة
مثل السيليكون والجرمانيوم

أصبحت الأجهزة الإلكترونية تلعب دوراً أساسياً في حياتنا
في نقل المعلومات والترفيه والثقافة وفي مجال الطب سواء
في التشخيص أو المتابعة أو العمليات الجراحية وكذلك
في الحرب، وسنتناول خلال هذا الفصل قدرًا مبسطًا من
المعلومات عن الإلكترونيات والتي يدخل في تركيبها
الموصلات.

بلورة شبه الموصل النقي

ترتيب هندسي منظم للذرات في الحالة
الصلبة.

تحتوي كل ذرة من ذرات السيليكون (Si) أو الجرمانيوم (Ge)
على 4 إلكترونات في مدارها الأخير لذلك ترتبط كل ذرة داخل
البلورة مع أربع ذرات مجاورة بروابط تساهمية ليكمل المدار
الأخير لها بـ 8 إلكترونات وتصل إلى حالة الاستقرار.



الرابط التساهمي

ذرة سيليكون

وهنا يمكن التمييز بين ثلاث حالات للإلكترونات في بلورة شبه الموصل :

- ١ إلكترونات المستويات الداخلية في الذرة : ترتبط بشدة بالنواة.
- ٢ إلكترونات التكافؤ : تشارك في عمل روابط تساهمية بين الذرات.
- ٣ الإلكترونات الحرة المنطلقة من كسر الروابط التساهمية : تتحرك حركة عشوائية محدودة بحيز أكبر هو البلورة.

* يمكن استخدام الطاقة الحرارية أو الضوئية في كسر روابط البلورة، وتكون :
الطاقة اللازمة لكسر الرابطة = الطاقة الناتجة عن التئام (إعادة تكوين) الرابطة.

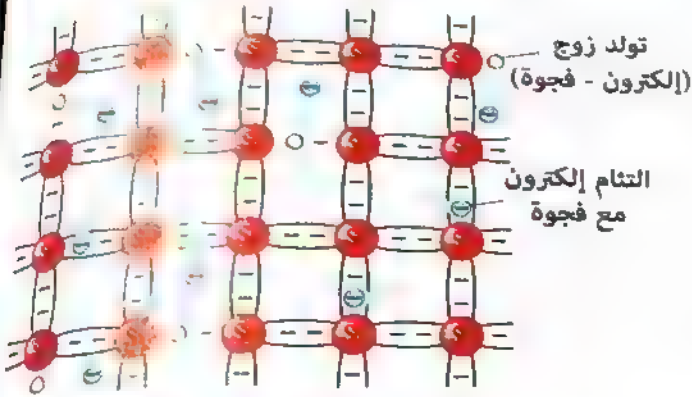
طرق رفع درجة توصيل المادة شبه الموصلة

* تتميز أشباه الموصلات بحساسيتها الشديدة للحرارة، وكذلك للشوائب لذلك يمكن زيادة التوصيل الكهربى للمادة شبه الموصل بإحدى طريقتين :

١ رفع درجة الحرارة
٢ التطعيم

Raising the Temperature رفع درجة الحرارة

* فى درجات الحرارة المنخفضة (خاصةً عند صفر كلفن) تكون بلورة شبه الموصل النقى عازله تماماً للكهرباء (التوصيلية الكهربائية معدومة)،



لأن جميع الروابط بين ذرات البلورة تكون سليمة، ولا توجد إلكترونات حرة وتعمل البلورة كعازل مثالى.

* عند ارتفاع درجة حرارة البلورة تزداد توصيليتها الكهربائية.

نتيجة كسر بعض الروابط التساهمية فتنتقل منها بعض الإلكترونات وتصبح إلكترونات حرة تتحرك حركة عشوائية داخل البلورة.

الفجوة

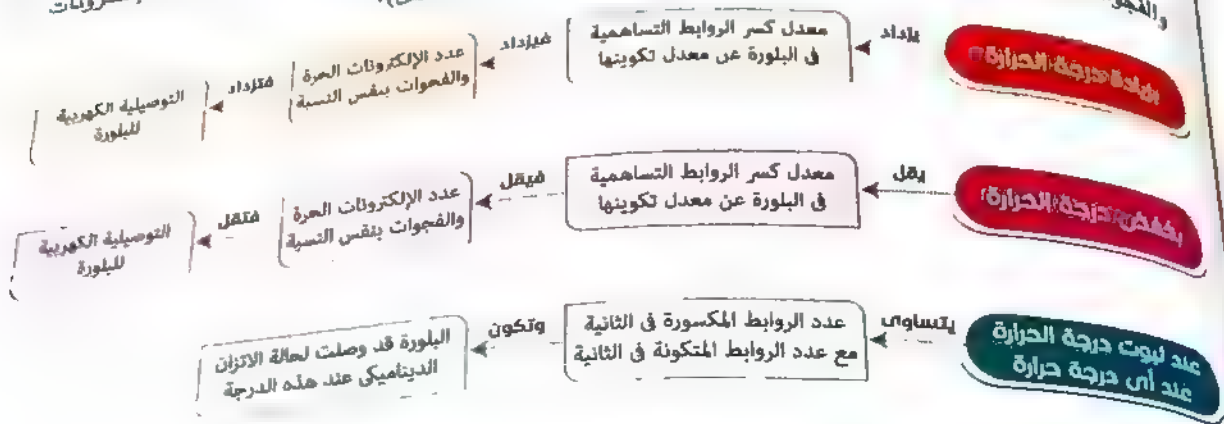
مكان فارغ يتركه الإلكترون فى رابطة مكسورة فى بلورة شبه الموصل ويعتبر شحنة موجبة حيث يعمل كمركز جاذب لإلكترون حر.

* كل إلكترون يتحرر يترك مكانه فارغاً فى الرابطة المكسورة فيما يُعرف **بالفجوة** وبالتالي يتساوى عدد الإلكترونات الحرة وعدد الفجوات.

* لا يعتبر تحرر الإلكترون وتكون الفجوة تأين للذرة،

لأنه سريعاً ما تقتنص الفجوة إلكترونًا من رابطة مجاورة أو من الإلكترونات الحرة فتعود الذرة متعادلة وتنقل الفجوة إلى رابطة أخرى ويكون اتجاه حركة الفجوات عكس اتجاه حركة الإلكترونات.

عندما يتساوى عدد الروابط المكسورة في الثانية مع عدد الروابط المتكونة في الثانية يصبح عدد الإلكترونات والفجوات ثابت وهو ما يطلق عليه حالة الاتزان الديناميكي (الاتزان الحراري).



لذلك يمكن تعريف حالة الاتزان الديناميكي لبلورة شبه موصل نقى كالتالي :

الاتزان الديناميكي (الحراري) لبلورة شبه موصل نقى

الحالة التي يكون عندها عدد الروابط المكسورة في الثانية يساوي عدد الروابط المتكونة في الثانية في بلورة شبه الموصل ويكون عدد الإلكترونات الحرة والفجوات ثابتاً لكل درجة حرارة.

ملاحظة

لا يفضل تسخين شبه الموصل النقي لزيادة توصيلته للتيار الكهربائي ، لأن زيادة درجة الحرارة بمقدار كبير يؤدي إلى تفكك الشبكة البلورية وكسر الروابط وبالتالي تتحطم البلورة.

وما سبق يمكن تعريف شبه الموصل النقي كالتالي :

شبه الموصل النقي

شبه موصل يكون فيه تركيز الإلكترونات الحرة = تركيز الفجوات عند أي درجة حرارة.

وما سبق يمكن تلخيص خصائص بلورة شبه الموصل النقي كالتالي :

- 1 إلكترونات المستويات الداخلية مرتبطة بقوة جذب كبيرة مع النواة أما إلكترونات التكافؤ في الغلاف الخارجي تربط الذرات المتجاورة بروابط تساهمية يمكن كسر نسبة منها وتحرر إلكترونات وفجوات داخل البلورة.
- 2 عند درجات الحرارة المنخفضة (خاصةً عند صفر كلفن) تكون الروابط بين الذرات سليمة ولا توجد إلكترونات حرة داخل البلورة فتنعدم التوصيلية الكهربائية، وبالتالي فإن المستوى الأخير لكل ذرة مكتمل بالإلكترونات عند الصفر المطلق.

٢. بل ارتفاع درجة الحرارة تنكسر بعض الروابط وتتحرر بعض الإلكترونات وعندما يترك أي إلكترون مكانه يتواجد في هذا المكان فجوة ولا يُعتبر ذلك ثابتاً للذرة حيث تقتنص الذرة إلكترونًا وتعود إلى حالة التوازن وتنتقل الفجوة إلى رابطة أخرى.

٤. بزيادة ارتفاع درجة الحرارة يزداد عدد الإلكترونات الحرة وعدد الفجوات فتزداد التوصيلية الكهربائية.
٥. تتحرك الإلكترونات حركة عشوائية داخل البلورة وتملأ الفجوات التي تنشأ عن كسر الروابط.
٦. في البلورة الواحدة تكون الطاقة اللازمة لكسر أي رابطة = الطاقة الناتجة من التناثر (تكوّن) الرابطة سواء كانت هذه الطاقة حرارية أو ضوئية.

٧. عندما تصل البلورة إلى حالة الاتزان الديناميكي يتساوى عدد الروابط المكسورة في الثانية مع عدد الروابط المتكونة في الثانية فيصبح عدد الإلكترونات الحرة والفجوات ثابت لكل درجة حرارة.
* بعد أن تعرفنا على خصائص أشباه الموصلات يمكننا المقارنة بين الموصلات وأشباه الموصلات، كالتالي :

الموصلات (المعادن)		
تتكون من أيونات موجبة وسحابة من الإلكترونات الحرة التي تتحرك عشوائيًا في الموصل، وتوجد قوة تجاذب بين الأيونات والإلكترونات	تتكون من ذرات تربطها روابط تساهمية	بنية البلورة
الإلكترونات الحرة	الإلكترونات الحرة والفجوات	حاملات الشحنة
لا يتغير عدد الإلكترونات الحرة بتغير درجة الحرارة	يزداد عدد الإلكترونات الحرة وعدد الفجوات بزيادة درجة الحرارة	أثر تغير درجة الحرارة على عدد حاملات الشحنة
تزداد	تقل	أثر ارتفاع درجة الحرارة على المقاومة الكهربائية
تقل	تزداد	أثر ارتفاع درجة الحرارة على التوصيلية الكهربائية

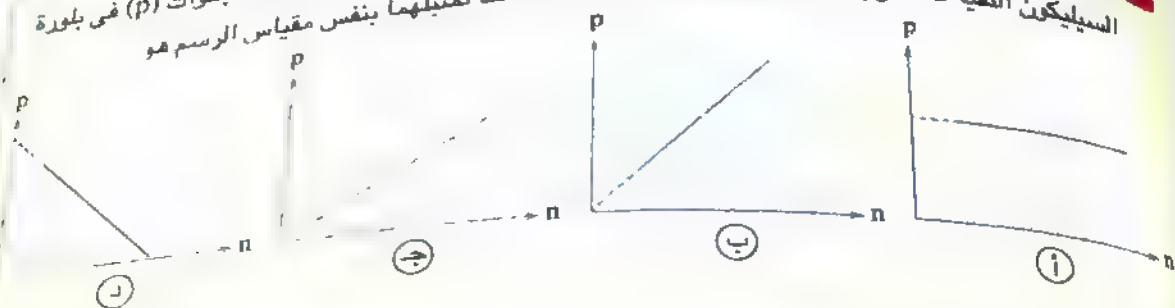
61 اختبار نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

١. بلورة السيليكون أو الجرمانيوم النقية تصبح عازلة تمامًا عند

- أ) 0°C ب) 273°C ج) -273°C د) 273 K

الشكل البياني الذي يمثل العلاقة بين تركيز الإلكترونات الحرة (n) وتركيز الفجوات (p) في بلورة السيليكون النقية عند درجات حرارة معينة أعلى من 0 K عند تمثيلهما بنفس مقياس الرسم هو



2. التطعيم Doping

يمكن زيادة التوصيلية الكهربائية لشبه الموصل من خلال إضافة ذرات عناصر خماسية التكافؤ أو ثلاثية التكافؤ تسمى الشوائب، ويطلق على هذه العملية التطعيم، وتفضل هذه الطريقة لزيادة التوصيلية الكهربائية لشبه الموصل عن رفع درجة الحرارة، وبالتالي يمكن الحصول على نوعين من أشباه الموصلات غير

شبه موصل من النوع p (p-type)

شبه موصل من النوع n (n-type)

نوع الذرة الشائبة

شوائب مستقبلية (مكتسبة) وهي عبارة عن ذرات من عنصر ثلاثي التكافؤ (تحتوي على 3 إلكترونات في المستوى الأخير) مثل الألومنيوم (Al) والبورون (B) وهي تنتمي لعناصر المجموعة الثالثة بالجدول الدوري

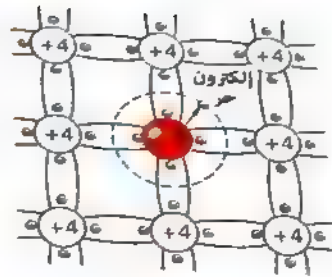
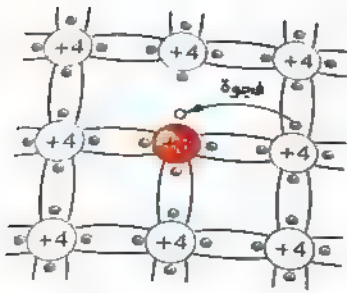
شوائب معطية (مانحة) وهي عبارة عن ذرات من عنصر خماسي التكافؤ (تحتوي على 5 إلكترونات في المستوى الأخير) مثل الفوسفور (P) والأنتيمون (Sb) وهي تنتمي لعناصر المجموعة الخامسة بالجدول الدوري

عمل الذرة الشائبة

تشارك ذرة الشائبة بـ 3 إلكترونات في تكوين ثلاث روابط وبالتالي تصبح هناك رابطة تساهمية غير مكتملة ونتيجة لذلك تتكون فجوة ولكي تصل لحالة الاستقرار (التركيب الثماني) تكتسب إلكترون من إحدى روابط السيليكون فتظهر فجوة في رابطة السيليكون وتتحول ذرة الشائبة إلى أيون سالب لا يشارك في عملية التوصيل الكهربى

تشارك ذرة الشائبة بـ 4 إلكترونات في تكوين أربع روابط مع ذرات السيليكون المجاورة لها، ويبقى إلكترون واحد من إلكترونات التكافؤ يكون ضعيف الارتباط بالنواة فسرعان ما تفقده ويصبح إلكترون حر وتتحول ذرة الشائبة إلى أيون موجب لا يشارك في عملية التوصيل الكهربى

شكل البلورة المُنظمة



نوع حاملات الشحنة السائدة

الفجوات

الإلكترونات الحرة

ذرات الشائبة بعد التطعيم

تصبح أيونات سالبة تركيزها N_A^-

تصبح أيونات موجبة تركيزها N_D^+

في حالة الاتزان الحراري

مجموع الشحنة السالبة = مجموع الشحنة الموجبة

مجموع الشحنة الموجبة = مجموع الشحنة السالبة

$$p = n + N_A^-$$

$$n = p + N_D^+$$

(حيث : n) تركيز الإلكترونات الحرة، (p) تركيز الفجوات، (N_D^+) تركيز أيونات

الشائبة المعطية، (N_A^-) تركيز أيونات الشائبة المستقبلية

أي أن

البلورة متعادلة الشحنة

العلاقة بين p, n

$$p > n$$

$$n > p$$

* مما سبق يمكن تعريف شبه الموصل من النوع n (n-type) وشبه الموصل من النوع p (p-type) كالتالي :

شبه موصل من النوع p (p-type)

شبه موصل من النوع n (n-type)

شبه موصل مُطعم بشوائب من عنصر ثلاثي التكافؤ، ويكون فيه تركيز الفجوات أكبر من تركيز الإلكترونات الحرة.

شبه موصل مُطعم بشوائب من عنصر خماسي التكافؤ، ويكون فيه تركيز الإلكترونات الحرة أكبر من تركيز الفجوات.

ملاحظة

تظل بلورة شبه الموصل المتضمنة متعادلة كهربائياً، لأن عند تطعيم بلورة شبه الموصل بشوائب ثلاثية أو خماسية التكافؤ فإن مجموع عدد الشحنات السالبة يساوى مجموع عدد الشحنات الموجبة دائماً، حيث إن جميع الذرات سواء ذرات شبه الموصل أو ذرات الشوائب متعادلة.

قانون فعل الكتلة في أشباه الموصلات

إذا كان n_i هو تركيز الإلكترونات الحرة أو الفجوات في بلورة السيليكون النقي، فإن $np = n_i^2$

قانون فعل الكتلة

حاصل ضرب تركيز الإلكترونات الحرة \times تركيز الفجوات = مقدار ثابت لكل درجة حرارة لا يتوقف على نوع الشائبة ويساوى مربع تركيز الإلكترونات الحرة أو الفجوات في بلورة شبه الموصل النقي عند ثبوت درجة الحرارة.

من قانون فعل الكتلة يتضح أنه في حالة :

بلورة p-type	بلورة n-type
$\therefore p = n + N_A^-$ $\therefore n \ll N_A$ $\therefore p \approx N_A^-$ (تركيز الفجوات) $\therefore np = n_i^2$ $\therefore n = \frac{n_i^2}{N_A}$ (تركيز الإلكترونات الحرة)	$\therefore n = p + N_D^+$ $\therefore p \ll N_D^+$ $\therefore n \approx N_D^+$ (تركيز الإلكترونات الحرة) $\therefore np = n_i^2$ $\therefore p = \frac{n_i^2}{N_D^+}$ (تركيز الفجوات)

مثال

بلورة سيليكون نقية تركيز الإلكترونات الحرة أو الفجوات بها 10^{10} cm^{-3} أضيف إليها ألومنيوم بتركيز 10^{12} cm^{-3} :

- ما نوع بلورة السيليكون الناتجة ؟
- احسب تركيز الإلكترونات الحرة والفجوات في هذه الحالة.
- احسب تركيز الأنتميون اللازم إضافته إلى السيليكون حتى تعود البلورة إلى حالتها الأولى مرة أخرى (كما لو كانت نقية).

$$n_i = 10^{10} \text{ cm}^{-3} \quad N_A = 10^{12} \text{ cm}^{-3} \quad n = ? \quad p = ? \quad N_D = ?$$

$$n = \frac{n_i^2}{N_A} = \frac{(10^{10})^2}{10^{12}} = 10^8 \text{ cm}^{-3}$$

(1) بلورة p-type لأن الشوائب المضافة ثلاثية التكافؤ.

(ب)

$$p = N_A = 10^{12} \text{ cm}^{-3}$$

(ج) يضاف أنتيمون بنفس تركيز الألومنيوم لتعود البلورة إلى حالتها الأولى مرة أخرى (كما لو كانت نقية).

$$N_D = 10^{12} \text{ cm}^{-3}$$

62 اختبار نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

إذا كان تركيز الإلكترونات الحرة في بلورة الجرمانيوم النقية هو 10^{10} cm^{-3} وتركيزها في البلورة بعد إضافة شوائب من ذرات مانحة هو 10^{12} cm^{-3} ، فإن تركيز الفجوات في البلورة المطعمة

- (أ) 10^8 cm^{-3} والبلورة من النوع n-type
 (ب) 10^8 cm^{-3} والبلورة من النوع p-type
 (ج) 10^{12} cm^{-3} والبلورة من النوع p-type
 (د) 10^{12} cm^{-3} والبلورة من النوع n-type

المكونات والنبايط الإلكترونية Electronic Components and Devices

* تصنع أغلب النبايط الإلكترونية من أشباه الموصلات غير النقية والتي

تتميز بحساسيتها لعوامل البيئة المحيطة مثل : الضوء، الحرارة،

الضغط، التلوث بالإشعاع الذري والتلوث الكيميائي، لذلك تستخدم هذه

النباط كمحسات sensors (وسائل قياس) لهذه العوامل.

* أنواع النبايط (المكونات) الإلكترونية :

١ مكونات بسيطة مثل المقاومة (R) وملف الحث (L) والمكثف الكهربى (C).

٢ مكونات أكثر تعقيداً مثل الوصلة الثنائية (الدايود) والترانزستور.

٣ مكونات متخصصة مثل النبايط الكهروضوئية ونباط التحكم فى شدة التيار.

المكونات والنبايط الإلكترونية

وحدات بناء الأنظمة الإلكترونية

الوصلة الثنائية (الدايود) pn Junction

التركيب البلوري شبه موصل تحتوي على جزئين أحدهما من النوع n والآخر من النوع p

اتجاه التيار الاصطلاحي



الرمز في الدائرة الكهربائية



شرح العمل

1 في المنطقة p يكون تركيز الفجوات (p) أكبر بكثير من تركيز الإلكترونات الحرة (n) أما في المنطقة n يكون تركيز الإلكترونات الحرة (n) أكبر بكثير من تركيز الفجوات (p).

2 عند تكون الوصلة الثنائية يحدث انتشار لكل من الفجوات (p) والإلكترونات الحرة (n) من المنطقة الأعلى في التركيز إلى المنطقة الأقل في التركيز حيث تنتشر الفجوات من المنطقة p إلى المنطقة n كما تنتشر الإلكترونات الحرة من المنطقة n إلى المنطقة p وينتج عن ذلك ما يسمى بالانتشار.

تيار الانتشار

التيار الناتج عن انتشار الفجوات من المنطقة p إلى المنطقة n وانتشار الإلكترونات الحرة من المنطقة n إلى المنطقة p

3 هجرة الإلكترونات الحرة من منطقة n-type من شأنه أن يكشف جزءاً من الأيونات الموجبة دون غطاء يعادلها من الإلكترونات، وكذلك فإن هجرة الفجوات من منطقة p-type من شأنه كشف جزء من الأيونات السالبة دون غطاء يعادلها من الفجوات، فينشأ على جانبي موضع تماس المنطقتين منطقة خالية من الفجوات والإلكترونات الحرة ويتواجد بها أيونات موجبة جهة المنطقة n وأيونات سالبة جهة المنطقة p وتسمى المنطقة على جانبي موضع التماس بالمنطقة القاحلة.

المسطحة القاحلة (الفاصلة)

منطقة خالية من حاملات الشحنة توجد على جانبي موضع تماس المنطقة n والمنطقة p في الوصلة الثنائية.

$$n_i = 10^{10} \text{ cm}^{-3}$$

$$n = \frac{n_i^2}{N_A}$$

$$p = N_A$$

كانت نقية.

$$N_D = 10^{18}$$

هناك عليها

بلورة بعد

p

n-

E

نية.

٤ تكتسب المنطقة n جهداً موجباً بسبب فقدانها بعض إلكتروناتها كما تكتسب المنطقة p جهداً سالباً بسبب انتقال الإلكترونات إليها، ويتولد مجال كهربى داخلى يكون اتجاهه من المنطقة n (الجهد الموجب) إلى المنطقة p (الجهد السالب) يتسبب فى تولد تيار يسمى بتيار الانسياب (الذى يعتبر تيار خلفى) ويكون عكس اتجاه تيار الانتشار (الذى يعتبر تيار أمامى).

تيار الانسياب

التيار الناتج عن المجال الكهربى الداخلى المتكون بين الأيونات الموجبة جهة n والأيونات السالبة جهة p على جانبى موضع التماس وهو عكس تيار الانتشار.

٥ باستمرار انتقال الإلكترونات الحرة والفجوات من التركيز الأعلى إلى التركيز الأقل يقل تيار الانتشار لزيادة فرق الجهد بين المنطقتين حتى يصل لقيمة تمنع انتقال مزيد من الإلكترونات الحرة من n إلى p ويصبح تيار الانتشار = تيار الانسياب، ويطلق على فرق الجهد فى هذه الحالة **الجهد الحاجز للمادة**، ويعتمد على نوع مادة شبه الموصل المستخدمة ودرجة حرارتها ونسبة التطعيم.

الجهد الحاجز للموصل الثنائية

أقل فرق جهد داخلى على جانبى موضع تماس المنطقتين n, p يكفى لمنع انتشار مزيد من الفجوات والإلكترونات الحرة إلى المنطقة الأقل تركيز لهما.

يمكن تفهيم شرح عمل الوصلة الثنائية بالرسم التالي .

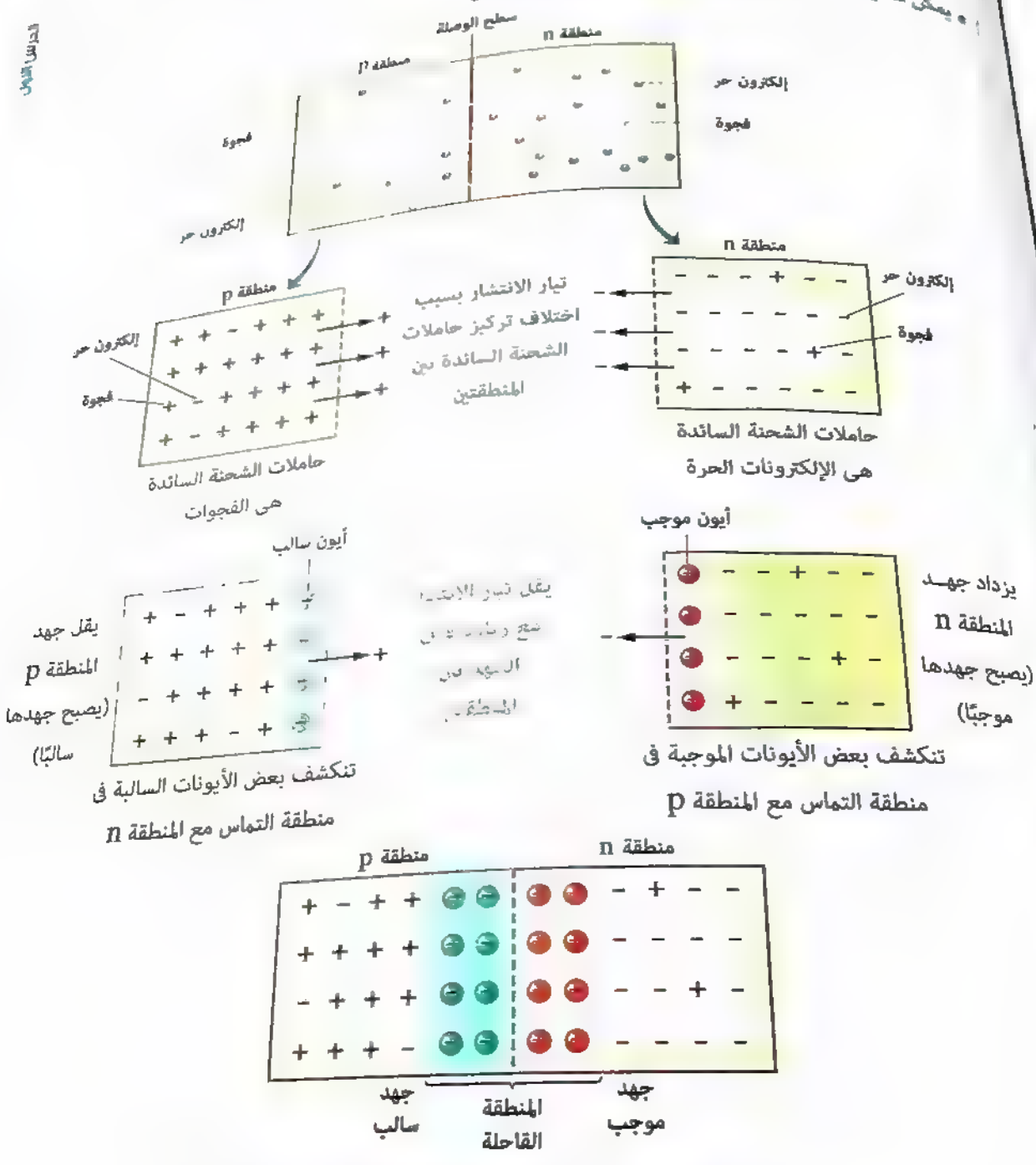
سالبًا بسبب
الموجب إلى
خلفي) ويكون

جهة p

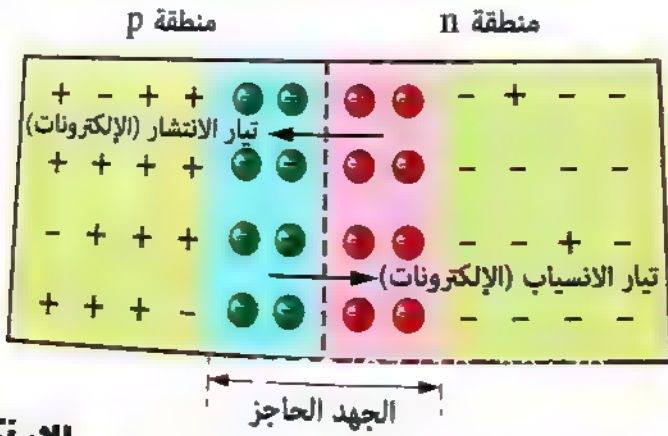
لزيادة
سبب تيار
ويعتمد

ات

التيار العكسي



يتكون مجال كهربائي داخلي اتجاهه من المنطقة n إلى المنطقة p وتتكون منطقة خالية من حاملات الشحنة تسمى المنطقة الفاصلة (القاحلة)



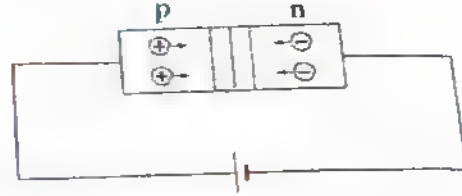
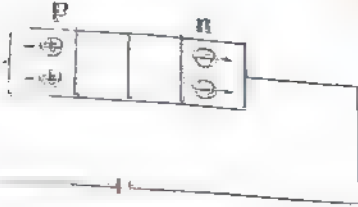
توصيل الوصلة الثنائية

توصيل الوصلة الثنائية في الدائرة الكهربائية بطريقتين:

التوصيل (الانحياز) العكسي (الخلفي)

التوصيل (الانحياز) الأمامي

طريقة التوصيل



توصيل المنطقة (p-type) بالقطب السالب للبطارية
والمنطقة (n-type) بالقطب الموجب للبطارية

توصيل المنطقة (p-type) بالقطب الموجب للبطارية
والمنطقة (n-type) بالقطب السالب للبطارية

شك المنطقة الفاصلة

يزداد

(حيث تتجاذب الفجوات والإلكترونات الحرة مع قطبي
البطارية وتبتعد عن السطح الفاصل)

يقل

(حيث تتنافر الفجوات والإلكترونات الحرة مع قطبي
البطارية وتقترب من السطح الفاصل)

أثر فرق الجهد الخارجي على الوصلة

يكون اتجاه المجال الخارجي (الناشئ عن البطارية) في
نفس اتجاه المجال الداخلي في المنطقة الفاصلة فيقويه

يكون اتجاه المجال الخارجي (الناشئ عن البطارية) عكس
اتجاه المجال الداخلي في المنطقة الفاصلة فيضعفه

جهد الوصلة الثنائية

يزداد عن الجهد الحاجز

يقل عن الجهد الحاجز

مقاومة الوصلة (R)

كبيرة

صغيرة

شدة التيار المار (I)

ضعيفة جداً تكاد تكون متعدمة

كبيرة إذا كان الجهد الخارجي أكبر من الجهد الحاجز

استخدام الوصلة الثنائية

كيفية

عند توصيل الوصلة الثنائية توصيلاً

أمامياً

(يجهد أكبر من قيمة الجهد الحاجز)

عكسياً

فإنها

لا تسمح بمرور التيار الكهربى فى الدائرة

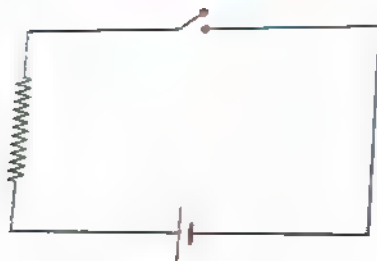
تسمح بمرور التيار الكهربى فى الدائرة

أى تعمل كمفتاح

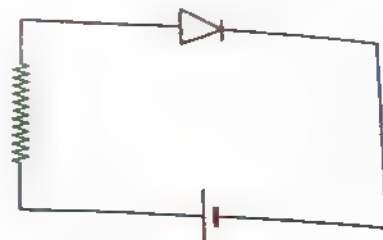
مفتوح



تكون



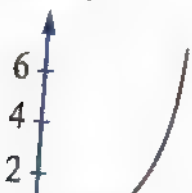
مغلق



تكون



$I(\text{mA})$



$V(\text{V})$

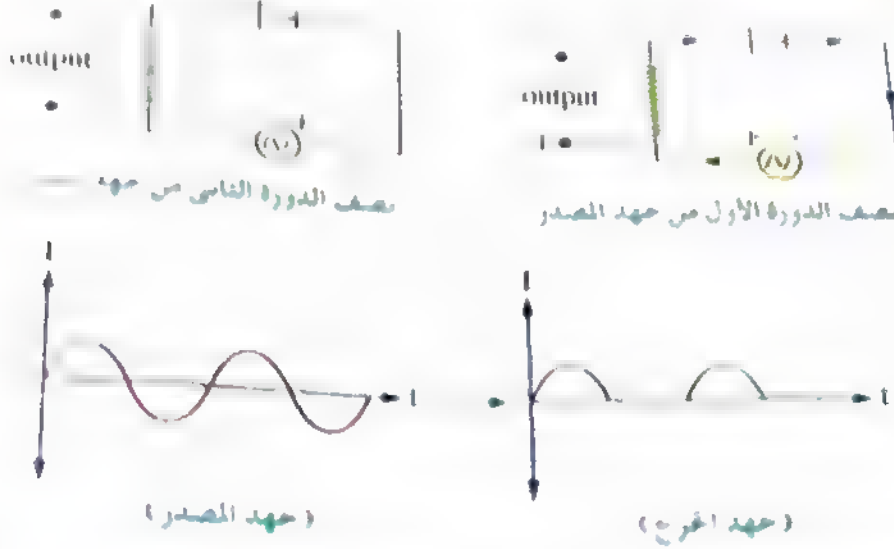
* التمثيل البيانى للعلاقة بين شدة التيار وفرق الجهد فى

الوصلة الثنائية فى حالتى التوصيل الأمامى والخلفى :

فرق جهد عكسى (تعمل كمفتاح مفتوح)
فرق جهد أمامى (تعمل كمفتاح مغلق)

تقويم التيار المتردد

نستخدم الوصلة الثنائية في تقويم التيار المتردد تقويم نصف موجة (في حالة الوصلة الأولى) و (في حالة الوصلة الثانية) يسمح بمرور التيار في نصف موجة الجهد المتردد (في حالة التوصيل العكسي) وبذلك يكون الجهد الناتج موجة الاتجاه (تقويم نصف موجي) نصف موجي.



- يمكن تقويم التيار المتردد (AC) وتحويله إلى تيار مستمر (DC) باستخدام عدة وصلات ثنائية.

ملاحظة

* يمكن استخدام الأوميتر ،

(١) للتأكد من سلامة الوصلة الثنائية ،

حيث تكون مقاومتها صغيرة جداً في اتجاه وكبيرة جداً في الاتجاه العكسي إذا كانت سليمة.

(٢) للتمييز بين الوصلة الثنائية والمقاومة الأومية ،

- في حالة الوصلة الثنائية : قراءة الأوميتر كبيرة جداً في اتجاه معين (توصيل عكسي) وصغيرة جداً في الاتجاه العكسي (توصيل أمامي).

- في حالة المقاومة الأومية : قراءة الأوميتر لا تتغير إذا انعكس اتجاه التيار.



كما سبق يمكن المقارنة بين الوصلة الثابتة والمقاومة الأومية كالتالي:

الوصلة الثابتة

ملف من سلك لمادة ذات
مقاومة نوعية مناسبة
الإلكترونات الحرة
يمكن أن يمر التيار خلالها في الاتجاهين
نقل التوصيلية الكهربائية
وتزداد المقاومة الكهربائية
لا يغير قراءته عند عكس
طريقه توصيلها مع الأوميتير

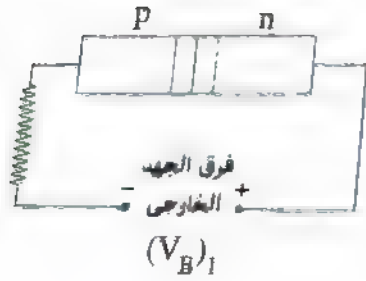
بلورة شبه موصل تحتوي على جزئين
أحدهما من النوع n والآخر من النوع p
الإلكترونات الحرة والفجوات
يمكن أن يمر التيار في اتجاه واحد
ولا يمر في الاتجاه العكسي
تزداد التوصيلية الكهربائية
وتقل المقاومة الكهربائية
تكون قراءته كبيرة جداً عند توصيلها في
اتجاه معين (التوصيل الخلفي) وصغيرة جداً
عند توصيلها في الاتجاه المعاكس
(التوصيل الأمامي)

التوصيل
مقاومة الشحنة
اتجاه التيار المار
الارتفاع
درجة الحرارة
التوصيل بالأوميتير

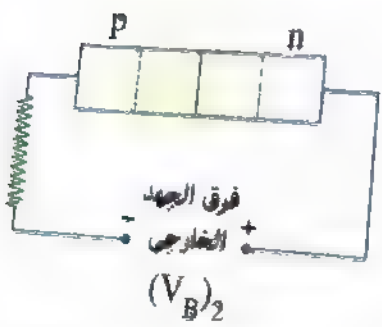
مقاومة إترائية

التوليف الإلكتروني Electronic Tuning

* لضبط جهاز الراديو أو التليفزيون على محطة معينة نحتاج ضبط قيمة
سعة مكثف أو معامل الحث الذاتي لملف حث لتعطي الدائرة تردد
يساوي تردد المحطة المطلوب الاستماع إليها أو مشاهدتها، وهو
ما يسمى بالترنين.



* في الأجهزة الحديثة يتم تغيير سعة المكثف باستخدام خواص
الدايود في حالة وجود جهد عكسي، إذ يزداد عرض المنطقة الفاصلة
كلما زاد الجهد العكسي ولأن زيادة هذا العرض تعني زيادة الشحنات
أي الأيونات فيشبه هذا التغير في الشحنة مع فرق الجهد ما يحدث
على طرفي المكثف.



(حيث: $(V_B)_1 < (V_B)_2$)

الدايود في الاتجاه العكسي يكافئ مكثفًا يمكن تغيير
سعته حسب فرق الجهد العكسي عليه وهذا ما يطلق عليه
التوليف الإلكتروني.

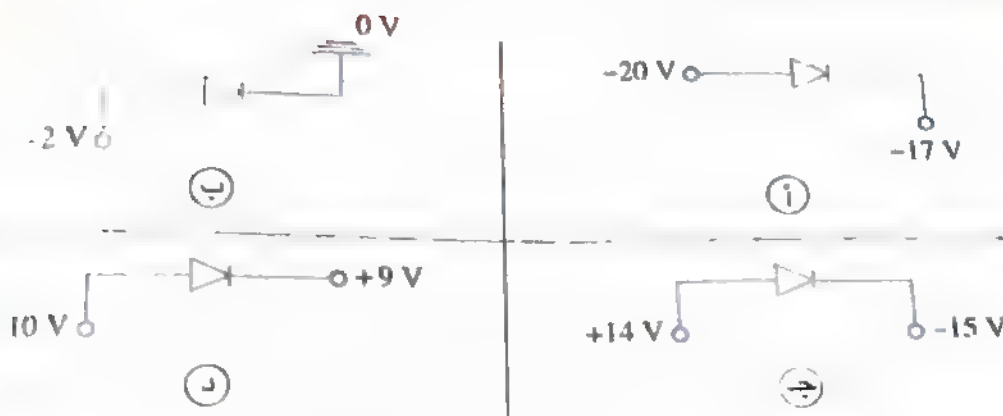
أولاً

اختبر نفسك 83

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :
يرجع وجود مقاومة كهربية كبيرة للمنطقة القاحلة في الوصلة الثانية إلى

- (أ) عدم احتوائها على حاملات شحنة حرة الحركة
- (ب) احتوائها على عدد كبير من حاملات الشحنة
- (ج) احتوائها على إلكترونات حرة فقط
- (د) احتوائها على فجوات فقط

الشكل الذي يوضح دايود موصل أماميًا هو



إذا كانت مقاومة الوصلة الثانية مهمة في حالة التوصيل

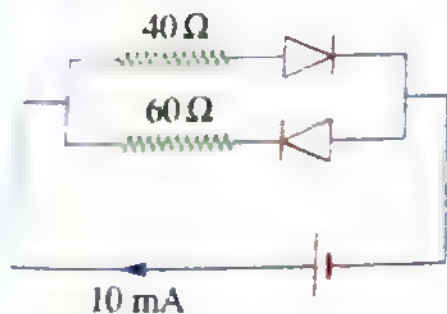
الأمامي وما لانهاية في حالة التوصيل العكسي، فإنه في الدائرة
المقابلة عند غلق المفتاح K فإن إضاءة المصباح



- (أ) تزداد
- (ب) تقل
- (ج) لا تتغير
- (د) لا يمكن تحديد الإجابة

الشكل المقابل يبين وصلتين ثنائيتين متصلتين مع مقاومتين

$40\ \Omega$ ، $60\ \Omega$ وعمود كهربى مقاومته الداخلية مهمة كما
بالشكل، فإذا كانت شدة التيار المار في الدائرة 10 mA فإن
شدة التيار المار في المقاومتين $40\ \Omega$ ، $60\ \Omega$ على الترتيب
هى



- (أ) 6 mA ، 4 mA
- (ب) 4 mA ، 6 mA
- (ج) 0 ، 10 mA
- (د) 10 mA ، 0



في هذا الدرس سوف نتعرف :

• الترانزستور.

• الإلكترونيات التناظرية والرقمية.

• البوابات المنطقية.

الترانزستور Translator

التركيب

بلورة شبه موصل، يتكون من ثلاث مناطق متجاورة مطعمة (غير نقية)، هي المنطقة الأولى تسمى الباعث (E)،

مباردة عن منطقة متوسطة الحجم بها نسبة عالية من الشوائب،

المنطقة الوسطى تسمى القاعدة (B)،

مباردة عن منطقة سُمكها صغير للغاية (رققة جدًا) بها نسبة قليلة من الشوائب،

المنطقة الأخيرة تسمى المجمع (C)،

عبارة عن منطقة كبيرة الحجم نسبيًا بها نسبة شوائب أقل من الباعث.

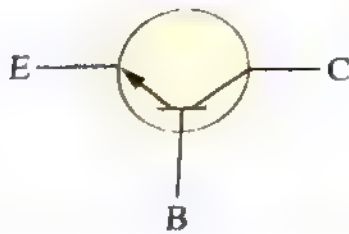
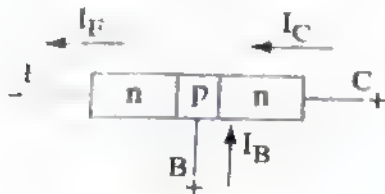
الأنواع

يوجد نوعان أساسيان من الترانزستور، هما :

٢ ترانزستور (npn)

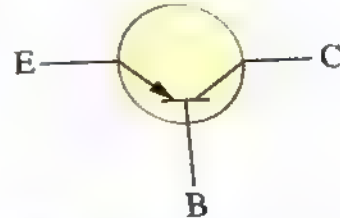
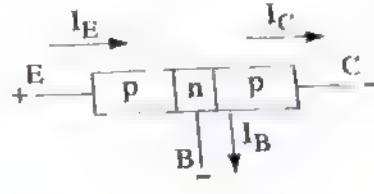
التركيب

تكون فيه القاعدة من النوع (p)، بينما الباعث والمجمع من النوع (n)



١ ترانزستور (pnp)

تكون فيه القاعدة من النوع (n)، بينما الباعث والمجمع من النوع (p)

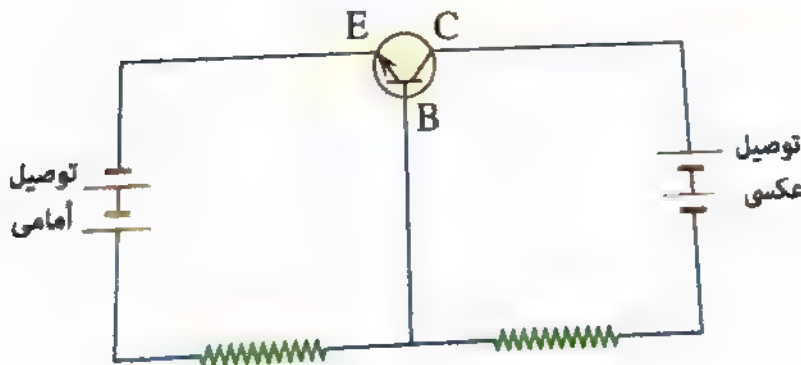


الرمز في الدائرة الكهربائية

* يوجد طريقتان لتوصيل الترانزستور في الدائرة الكهربائية :

توصيل الترانزستور (npn) والقاعدة مشتركة

شكل الدائرة



طريقة التوصيل في الدائرة الكهربائية

- يوصل الباعث (E) مع القاعدة (B) توصيلاً أمامياً.
- يوصل المجمع (C) مع القاعدة (B) توصيلاً عكسياً.

شرح العمل

- تنطلق الإلكترونات الحرة من الباعث (n-type) إلى القاعدة (p-type) حيث تنتشر فيها بعض الوقت إلى أن يقتصرها المجمع (n-type).

- أثناء انتشار الإلكترونات الحرة داخل القاعدة (p-type) تستهلك نسبة صغيرة جداً منها في ملء الفجوات لتحديث عملية الالتئام نظراً لأن عرض القاعدة صغير للغاية وبها نسبة قليلة من الشوائب وبالتالي يكون دائماً تيار المجمع (I_C) أقل قليلاً من تيار الباعث (I_E), حيث

$$I_E = I_C + I_B$$

الاستخدام

- يستخدم الترانزستور عند توصيله في دائرة القاعدة المشتركة في تكبير القدرة الكهربائية ولا يمكن استخدامه لتكبير التيار الكهربى نظراً لأن تيار المجمع يكون أقل قليلاً من تيار الباعث.

نسبة التوزيع (α_e)

$$\alpha_e = \frac{I_C}{I_E}$$

- يطلق على النسبة بين تيار المجمع وتيار الباعث نسبة التوزيع وتعطى من العلاقة :

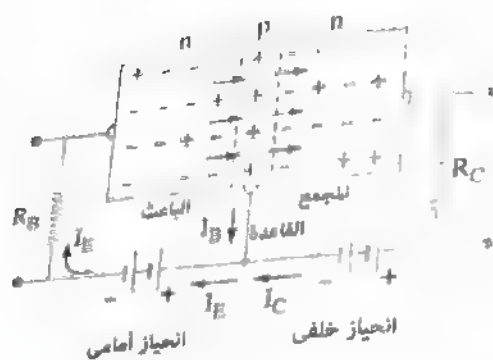
- تقترب قيمة α_e من الواحد الصحيح،

لأن $I_C = I_E$ حيث إن قيمة I_B صغيرة جداً فتصبح قيمة α_e قريبة من الواحد الصحيح،

وبالتالي يمكن تعريف نسبة التوزيع كما يلي :

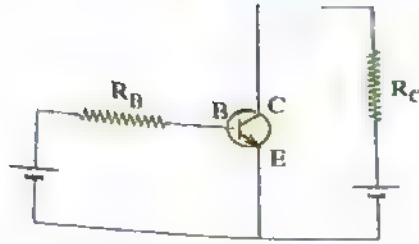
نسبة (لابت) التوزيع (α_e)

نسبة تيار المجمع إلى تيار الباعث عند ثبوت فرق الجهد بين القاعدة والمجمع.



٢ توصيل الترانزستور (npn) والباعث مشترك

شكل الدائرة



طريقة التوصيل في الدائرة الكهربائية

- يوصل الباعث (E) مع القاعدة (B) توصيلاً أمامياً.
- يوصل الباعث (E) مع المجمع (C) بحيث يوصل الباعث بالقطب السالب والمجمع بالقطب الموجب.

شرح العمل

- تتناثر إلكترونات الباعث (n-type) مع القطب السالب للعمودين ليتجمع تيارى الإلكترونات عند الباعث ويتحرر اتجاه المجمع.
- إذا وضعت إشارة كهربائية صغيرة فى تيار القاعدة فإن تأثيرها يظهر مكبراً فى تيار المجمع.

نسبة التكبير (β_e)

$$\beta_e = \frac{I_C}{I_B}$$

يطلق على نسبة تيار المجمع إلى تيار القاعدة نسبة التكبير وتعطى من العلاقة :

وبالتالى يمكن تعريف نسبة التكبير كالتالى :

نسبة التكبير (β_e)

نسبة تيار المجمع إلى تيار القاعدة عند ثبوت فرق الجهد بين الباعث والمجمع.

حساب نسبة التكبير بدلالة ثابت التوزيع

$$\therefore \alpha_e = \frac{I_C}{I_E}$$

①

$$\therefore I_C = \alpha_e I_E$$

$$\therefore I_B = I_E - I_C$$

②

$$\therefore I_B = I_E - \alpha_e I_E$$

$$\therefore \beta_e = \frac{I_C}{I_B}$$

بالتعويض بقيمة I_C ، I_B من المعادلتين ① ، ② :

$$\therefore \beta_e = \frac{\alpha_e I_E}{I_E - \alpha_e I_E} = \frac{\alpha_e I_E}{I_E (1 - \alpha_e)}$$

$$\therefore \beta_e = \frac{\alpha_e}{1 - \alpha_e}$$

يمكن حساب نسبة التوزيع بدلالة نسبة التكبير من العلاقة

$$\alpha_e = \frac{\beta_o}{1 + \beta_o}$$

الاستخدام

1 يستخدم كمكبر :

تعتمد فكرة عمل الترانزستور في دائرة الباعث المشترك كمكبر على أنه إذا وضعت إشارة كهربية صغيرة في تيار القاعدة الصغير يظهر تأثيرها مكبراً في تيار المجمع وهذا ما يسمى فعل الترانزستور.

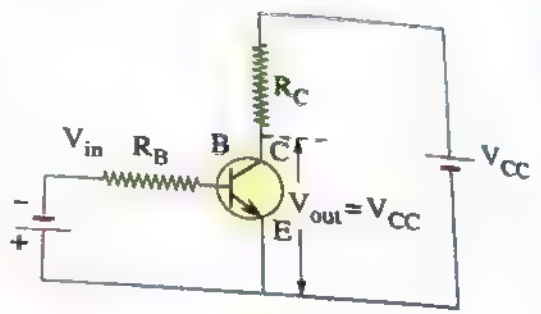
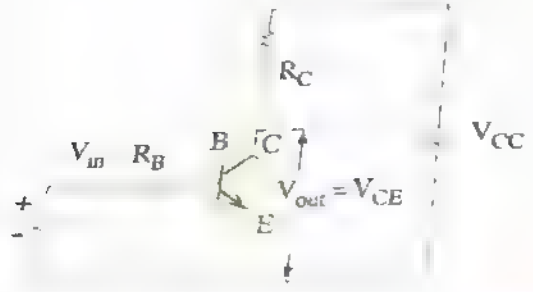
2 يستخدم كمفتاح :

الترانزستور في حالة on
(مفتاح مغلق)

الترانزستور في حالة off
(مفتاح مفتوح)

طريقة التوصيل

يتم توصيل الترانزستور في الدائرة الكهربية بحيث يكون الباعث مشترك



الأساس العنفي

$$V_{CC} = V_{CE} + I_C R_C \text{ يكون}$$

(حيث : V_{CC} جهد العمود، V_{CE} فرق الجهد بين المجمع والباعث،

I_C تيار المجمع، R_C مقاومة دائرة المجمع)

فإذا اعتبرنا أن جهد القاعدة هو الدخل (input) وجهد المجمع هو الخرج (output)، فإنه

عند توصيل القاعدة (B) بجهد موجب كبير (V_{in}) يمر تيار (I_C) كبير في دائرة المجمع فتصبح قيمة $I_C R_C$ كبيرة ويحدث نقص لقيمة V_{CE} أي يكون جهد الخرج صغيراً

عند توصيل القاعدة (B) بجهد صفري أو سالب أو موجب صغير (V_{in}) تقل قيمة I_C فتقل قيمة $I_C R_C$ فيحدث زيادة لقيمة V_{CE} ليقترب من قيمة V_{CC} أي يكون جهد الخرج كبيراً

• مما سبق نجد أن الترانزستور يعمل كعاكس أي أنه عندما يكون جهد الدخل (جهد القاعدة) V_{in} للترانزستور صغيراً يصبح جهد الخرج (جهد المجمع) V_{out} كبيراً والعكس.

ملاحظة

• يمكن الاستدلال على قطبية الترانزستور باستخدام الأوميتر.

مثال ١

إذا كان تيار المجمع في الترانزستور 100 mA عندما كان تيار القاعدة 1 mA ، احسب :
(1) نسبة التكبير (β_e).
(ب) نسبة التوزيع (α_e).
(ج) تيار الباعث (I_E).

الحل

$$I_C = 100 \text{ mA} \quad I_B = 1 \text{ mA} \quad \beta_e = ? \quad \alpha_e = ? \quad I_E = ?$$

$$\beta_e = \frac{I_C}{I_B} = \frac{100}{1} = 100 \quad (1)$$

$$\alpha_e = \frac{\beta_e}{1 + \beta_e} = \frac{100}{1 + 100} = 0.99 \quad (ب)$$

$$I_E = I_C + I_B = 100 + 1 = 101 \text{ mA} \quad (ج)$$

$$\alpha_e = \frac{I_C}{I_E}$$

$$I_E = \frac{I_C}{\alpha_e} = \frac{100}{0.99} = 101 \text{ mA}$$

حلاً آخر

مثال ٢

احسب قيمة تيار المجمع (I_C) في دائرة الترانزستور كمفتاح في حالة التوصيل on عندما يكون جهد المصدر 1.5 V وفرق الجهد بين المجمع والباعث 0.5 V وقيمة المقاومة المتصلة بالمجمع 500 Ω

الحل

$$V_{CC} = 1.5 \text{ V} \quad V_{CE} = 0.5 \text{ V} \quad R_C = 500 \Omega \quad I_C = ?$$

$$V_{CC} = V_{CE} + I_C R_C$$

$$1.5 = 0.5 + (I_C \times 500)$$

$$I_C = 0.002 \text{ A}$$

اختبر نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

1. في ترانزستور pnp تكون حاملات الشحنة السائدة في كل من الباعث والمجمع عبارة عن
 (أ) أيونات سالبة (ب) أيونات موجبة (ج) إلكترونات حرة (د) فجوات
2. إذا كانت نسبة التكبير في ترانزستور 24 وتيار الباعث 0.01 A ، فإن تيار القاعدة يساوي
 (أ) $2 \times 10^{-4} \text{ A}$ (ب) $4 \times 10^{-4} \text{ A}$ (ج) $4 \times 10^{-6} \text{ A}$ (د) $5 \times 10^{-6} \text{ A}$

الإلكترونيات التناظرية والرقمية

توجد طريقتان للتعامل مع الجهد الداخِل والخارج من الدائرة التناظرية. هما

أولاً: الإلكترونيات التناظرية

في الإلكترونيات تتعامل مع الكميات الطبيعية كما هي حيث تحولها إلى إشارات كهربائية متصلة.

تطبيقات

1. الميكروفون : يقوم بتحويل الصوت إلى إشارة كهربائية.
2. كاميرا الفيديو : تقوم بتحويل الصورة إلى إشارة كهربائية.
3. التلفزيون :

- عند الإرسال من المحطات : يتم تحويل الصوت والصورة (كميات طبيعية) إلى إشارات كهربائية متصلة ومتغيرة السعة ثم إلى إشارات كهرومغناطيسية.

- عند الاستقبال في التلفزيون : يتم تحويل الإشارات الكهرومغناطيسية إلى إشارات كهربائية (تناظرية) في الهوائي «الإريال» ثم يعمل جهاز الاستقبال على تحويلها إلى صوت وصورة.



الضوضاء الكهربية (التشويش)

تؤثر على الإشارة التناظرية حيث تتداخل الضوضاء الكهربية مع الإشارة التناظرية التي تحمل المعلومات وتشوشها لذلك نجد عيوب في الصوت والصورة في أجهزة الاستقبال التناظرية.

ملاحظة

الضوضاء الكهربية (التشويش) هي إشارات كهربية غير منتظمة مصدرها الحركة العشوائية للإلكترونات الحرة في الهواء والتي تسبب تياراً عشوائياً عند التقاطها بهوائى الاستقبال مما يسبب تشويشاً للصوت والصورة.

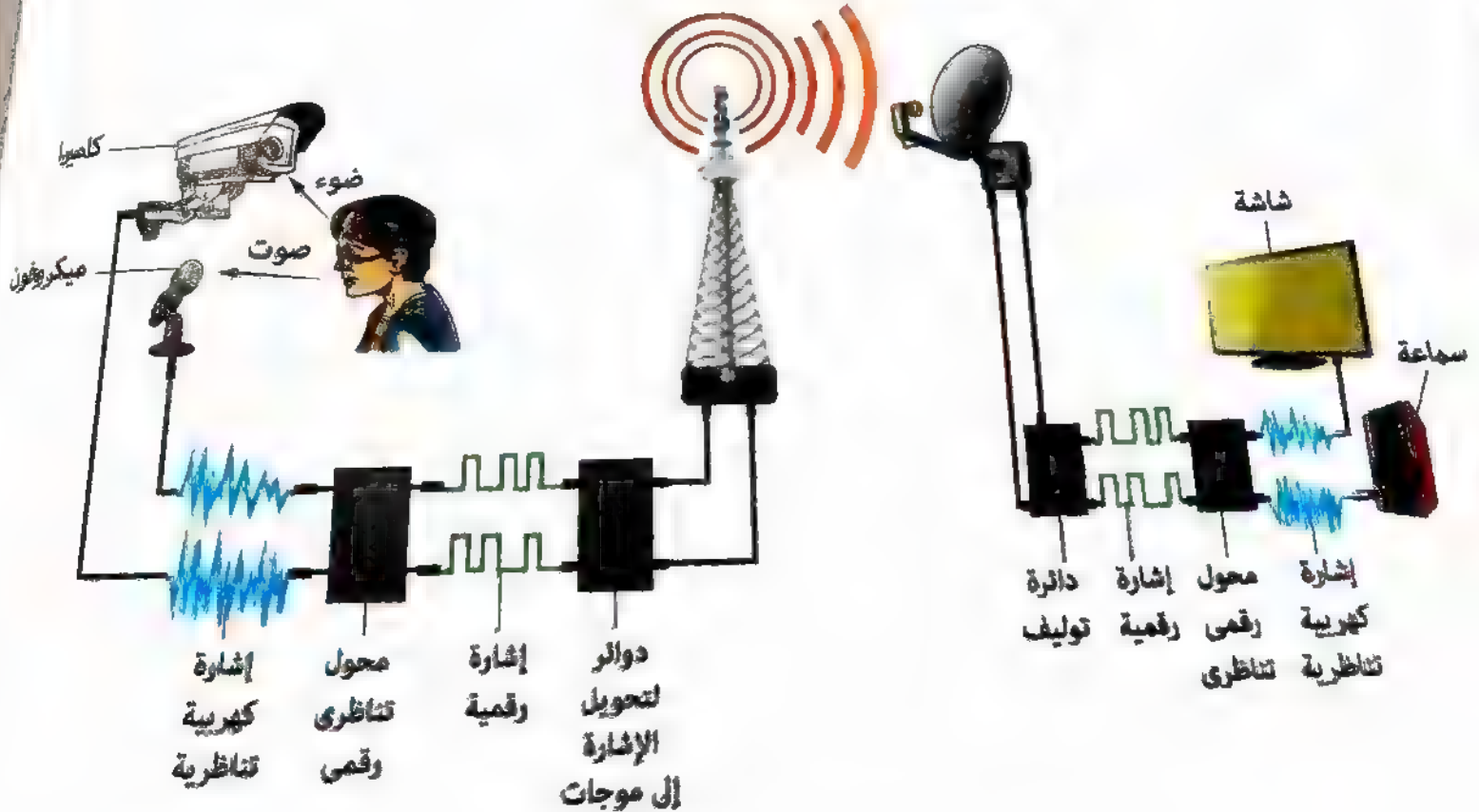
ثانياً الإلكترونيات الرقمية

هي إلكترونيات تتعامل مع الكميات الطبيعية بعد تحويلها إلى شفرة غير متصلة أساسها قيمتان فقط هما (0 ، 1).

بعد الإرسال بعد تحويل الكميات الطبيعية (الصوت أو الصورة) إلى إشارة كهربية تناظرية يتم تحويل كل الإشارات الكهربية المتصلة (التناظرية) إلى إشارات رقمية عن طريق محول تناظري رقمي.

- عند الاستقبال يتم تحويل الإشارات الرقمية إلى إشارات كهربية تناظرية عن طريق محول رقمي تناظري. يعمل جهاز الاستقبال على تحويلها إلى صوت وصورة.

موجات لاسلكية



٢ القنوات الفضائية الرقمية

تطبيقات

١ التليفون المحمول.

٢ أقراص الليزر المدمجة (CDs).

٣ أجهزة الكمبيوتر :

- كل ما يدخل الكمبيوتر من حروف أو أرقام ينحول إلى شفره ثنائية (0, 1).

- تتجزأ الصور إلى عناصر صغيرة تسمى Pixels ثم تحول أيضا إلى شفرة ثنائية (0, 1).

- تتم جميع العمليات الحسابية على أساس الجبر الثنائي.

- يتم تخزين المعلومات في الذاكرة المؤقتة (RAM) أو الذاكرة المستديمة (Hard Disk) على شكل مغنطة هي

اتجاه معين مما يعنى 0 أو مغنطة فى الاتجاه المضاد مما يعنى 1

الظوء الكهربية (التشويش)

لا تؤثر على الإشارة الرقمية الحاملة للمعلومات حيث إن المعلومة تكمن فى الكود 0 و 1 وليس فى قيمه "الانشار" القمى. قد تتداخل معها الضوضاء وتشوشها لذلك نجد أن الصورة والصوت تقنان عند استخدام أجهزة الاستقبال الرقمية. مما سبق نستنتج أنه يفضل استخدام الإلكترونيات الرقمية عن الإلكترونيات التناظرية فى الأجهزة الإلكترونية "أو فى الإرسال والاستقبال الإذاعى والتلفزيونى".

التحويل بين النظام العشرى والنظام الثنائى

١ تحويل العدد العشرى إلى كود رقمى (عدد ثنائى)

* لتحويل العدد العشرى إلى كود رقمى (عدد ثنائى) :

١ اقسم العدد العشرى على 2، فإذا :

- كان للعدد الصحيح الناتج باقى ضع 1 فى خانة الباقى.

- لم يكن للعدد الصحيح الناتج باقى ضع 0 فى خانة الباقى.

٢ اقسم الناتج على 2 وهكذا حتى يصبح الناتج أقل من 1 فنضع :

- 0 فى خانة الناتج.

- 1 فى خانة الباقى.

٣ اكتب الأرقام الموجودة فى خانة الباقى بالترتيب داخل القوسين : $()_2$

مثال

أوجد الكود الرقمى للعدد العشرى 19

الحل

العدد العشرى	$\frac{19}{2}$	$\frac{9}{2}$	$\frac{4}{2}$	$\frac{2}{2}$	$\frac{1}{2}$
الناتج	9	4	2	1	0
الباقى	1	1	0	0	1

الكود الرقمى هو : $(10011)_2$

مصدرها الحركة
الهواء والذى تسبب
شئ الاستقبال مما

الإشارة

قمى تناظرى ثم

كاميرا

ميكروفون

1. تحويل الكود الرقمي (العدد الثنائي) إلى عدد عشري

- لتحويل الكود الرقمي (العدد الثنائي) إلى عدد عشري :
نكتب الكود (المكسور من (1, 0) كل رقم على حدة بالترتيب، وأسفل كل رقم بداية من اليمين نكتب الرقم مرفوع للأس (0, 1, 2, ... على الترتيب.
- نكتب حاصل ضرب الكود (1, 0) في الرقم 2 مرفوع للأس (0, 1, 2, ...).
- نجمع الأعداد الناتجة لتحصل على العدد العشري المطلوب.

مثال

وجد العدد العشري للكود الرقمي $(10001)_2$.

الحل

الكود	1	0	0	0	1
التنظيم الثاني	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
الناتج	16	0	0	0	1

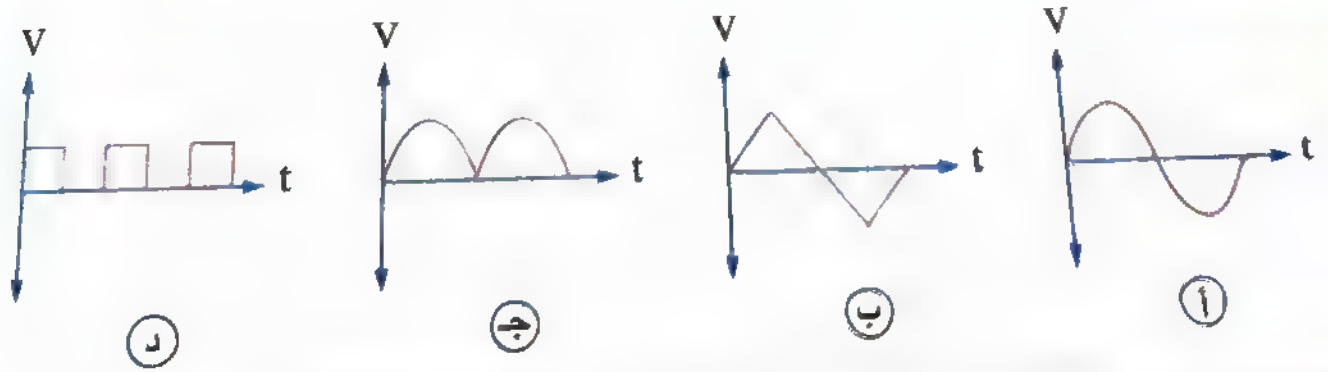
17 =

مجموع النواتج = 17 وهو العدد العشري المطلوب.

65 اختبار نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة :

1. أي من المنحنيات الآتية يمثل تغير الجهد (V) لإشارة كهربائية بجهاز إلكتروني رقمي بمرور الزمن (t) ؟



2. العدد العشري الذي يكافئ العدد الثنائي $(1010)_2$ هو

- (أ) 4
- (ب) 8
- (ج) 10
- (د) 14

تعتبر الإلكترونيات الرقمية هي أساس العديد من الأجهزة والمكونات الإلكترونية مثل البوابات المنطقية، ولهذا على مستقاول شرحها بشيء من التفصيل.

البوابات المنطقية Logic Gates

تتعدد كثير من التطبيقات الحديثة للإلكترونيات مثل دوائر الحاسب ووسائل الاتصالات الحديثة على عناصر رقمية من دوائر إلكترونية يطلق عليها البوابات المنطقية.

تجاء من الدوائر الإلكترونية للأجهزة الحديثة تقوم بالعمليات المنطقية على الإشارات الرقمية (المبنية على الجبر الثنائي).

يوجد عدة أنواع للبوابات المنطقية، منها :

بوابة العاكس (NOT) مدخل واحد ومخرج واحد
بوابة التوافق (AND) مدخلان أو أكثر ومخرج واحد
بوابة الاختيار (OR) مدخلان أو أكثر ومخرج واحد

input		output
A	B	
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

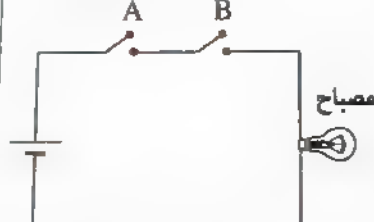
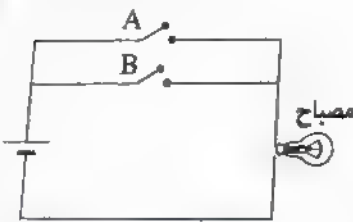
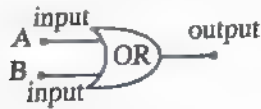
input		output
A	B	
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

input	output
0	1
1	0

الاختيار
(الخرج يكون (1) إذا توفر (1) على أحد الدخلين)

التوافق
(الخرج لا يكون (1) إلا إذا اتفق الدخلان على (1))

العاكس
(الخرج يكون عكس الدخل)



* مفتاحان أو أكثر متصلة على التوازي مع بعضهما في الدائرة.
* يضيء المصباح إذا أُغلق أي من المفاتيح أو كلها.

* مفتاحان أو أكثر متصلة على التوالي مع المصباح في الدائرة.
* لا يضيء المصباح إلا إذا أُغلق كل المفاتيح معاً.

* مفتاح موصل على التوازي مع المصباح في الدائرة.
* عند فتح المفتاح يضيء المصباح وعند غلقه لا يضيء.

الدائرة الكهربائية المكافئة للمفتاح يمثل الدخل والمصباح يمثل الخرج

$$N = 2^n$$

* يمكن حساب عدد الاحتمالات (N) في جدول التحقق من العلاقة : حيث (n) هي عدد المدخلات.

فمثلاً :

- إذا كان للبوابة دخلان فإن عدد احتمالات الخرج $4 = 2^2$
- إذا كان للبوابة ثلاث مداخل فإن عدد احتمالات الخرج $8 = 2^3$

مثال 1

استنتج جدول التحقق للدائرة المنطقية الآتية :



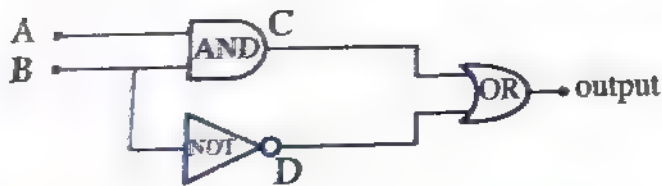
A	B	C (NOT)	output (OR)
0	0		1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	1	0	1

الحل

حدد أولاً خرج دائرة NOT ليكون أحد دخلي دائرة OR ثم أوجد خرج دائرة OR

مثال 2

أكمل جدول التحقق للدائرة المنطقية الآتية :



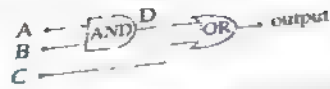
A	B	output
0	0
0	1
1	0
1	1

الحل

نحدد أولاً خرجي الدائرتين AND , NOT ليكونا دخل لدائرة OR ونوجد خرج OR

A	B	C (AND)	D (NOT)	output (OR)
0	0	0	1	1
0	1	0	0	0
1	0	0	1	1
1	1	1	0	1

مثال ٢: اكتب جدول التحقق للدائرة المنطقية الآتية:



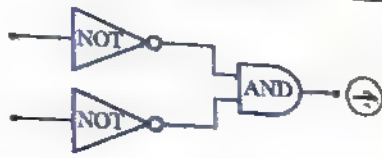
A	B	C	D (AND)	output (OR)
0	0	0	0	0
0	0	1	0	1
0	1	0	0	0
0	1	1	0	1
1	0	0	0	0
1	0	1	0	1
1	1	0	1	1
1	1	1	1	1

ملاحظات عامة

اختبر نفسك

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المعطاة:

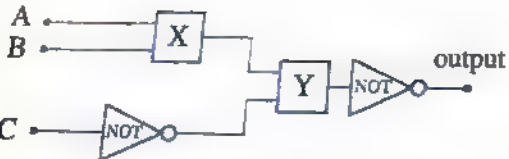
١ أي مما يأتي يعطي خرج High عندما يكون أحد الدخلين Low



٢ يعطى جدول التحقق الذي أمامك بعض قيم الدخل

والخرج لدائرة البوابات الموضحة بالشكل، فإن

البوابة X والبوابة Y هما



A	B	C	output
1	1	1	0
0	1	1	1

البوابة X	البوابة Y	
AND	AND	أ
AND	OR	ب
OR	AND	ج
OR	OR	د



اجابات أسئلة اختر نفسك



اجابات الوحدة الأولى

الفصل 1

١ ٢

١ ١

١ ٢

١ ٣

١ ٤

١ ٥

١ ٦

١ ٧

١ ٨

١ ٩

١ ١٠

١ ١١

١ ١٢

١ ١٣

١ ١٤

١ ١٥

١ ١٦

١ ١٧

١ ١٨

١ ١٩

١ ٢٠

١ ٢١

١ ٢٢

١ ٢٣

١ ٢٤

١ ٢٥

١ ٢٦

١ ٢٧

١ ٢٨

١ ٢٩

١ ٣٠

١ ٣١

١ ٣٢

١ ٣٣

١ ٣٤

١ ٣٥

١ ٣٦

١ ٣٧

١ ٣٨

١ ٣٩

١ ٤٠

١ ٤١

١ ٤٢

١ ٤٣

١ ٤٤

١ ٤٥

١ ٤٦

١ ٤٧

١ ٤٨

١ ٤٩

١ ٥٠

١ ٥١

١ ٥٢

١ ٥٣

١ ٥٤

١ ٥٥

١ ٥٦

١ ٥٧

١ ٥٨

١ ٥٩

١ ٦٠

١ ٦١

١ ٦٢

١ ٦٣

١ ٦٤

١ ٦٥

١ ٦٦

١ ٦٧

١ ٦٨

١ ٦٩

١ ٧٠

١ ٧١

١ ٧٢

١ ٧٣

١ ٧٤

١ ٧٥

١ ٧٦

١ ٧٧

١ ٧٨

١ ٧٩

١ ٨٠

١ ٨١

١ ٨٢

١ ٨٣

١ ٨٤

١ ٨٥

١ ٨٦

١ ٨٧

١ ٨٨

١ ٨٩

١ ٩٠

١ ٩١

١ ٩٢

١ ٩٣

١ ٩٤

١ ٩٥

١ ٩٦

١ ٩٧

١ ٩٨

١ ٩٩

١ ١٠٠

١ ١٠١

١ ١٠٢

١ ١٠٣

١ ١٠٤

١ ١٠٥

١ ١٠٦

١ ١٠٧

١ ١٠٨

١ ١٠٩

١ ١١٠

١ ١١١

١ ١١٢

١ ١١٣

١ ١١٤

١ ١١٥

١ ١١٦

١ ١١٧

١ ١١٨

١ ١١٩

١ ١٢٠

١ ١٢١

١ ١٢٢

١ ١٢٣

١ ١٢٤

١ ١٢٥

١ ١٢٦

١ ١٢٧

١ ١٢٨

١ ١٢٩

١ ١٣٠

١ ١٣١

١ ١٣٢

١ ١٣٣

١ ١٣٤

١ ١٣٥

١ ١٣٦

١ ١٣٧

١ ١٣٨

١ ١٣٩

١ ١٤٠

١ ١٤١

١ ١٤٢

١ ١٤٣

١ ١٤٤

١ ١٤٥

١ ١٤٦

١ ١٤٧

١ ١٤٨

١ ١٤٩

١ ١٥٠

١ ١٥١

١ ١٥٢

١ ١٥٣

١ ١٥٤

١ ١٥٥

١ ١٥٦

١ ١٥٧

١ ١٥٨

١ ١٥٩

١ ١٦٠

١ ١٦١

١ ١٦٢

١ ١٦٣

١ ١٦٤

١ ١٦٥

١ ١٦٦

١ ١٦٧

١ ١٦٨

١ ١٦٩

١ ١٧٠

١ ١٧١

١ ١٧٢

١ ١٧٣

١ ١٧٤

١ ١٧٥

١ ١٧٦

١ ١٧٧

١ ١٧٨

١ ١٧٩

١ ١٨٠

١ ١٨١

١ ١٨٢

١ ١٨٣

١ ١٨٤

١ ١٨٥

١ ١٨٦

١ ١٨٧

١ ١٨٨

١ ١٨٩

١ ١٩٠

١ ١٩١

١ ١٩٢

١ ١٩٣

١ ١٩٤

١ ١٩٥

١ ١٩٦

١ ١٩٧

١ ١٩٨

١ ١٩٩

١ ٢٠٠

١ ٢٠١

١ ٢٠٢

١ ٢٠٣

١ ٢٠٤

١ ٢٠٥

١ ٢٠٦

١ ٢٠٧

١ ٢٠٨

١ ٢٠٩

١ ٢١٠

١ ٢١١

١ ٢١٢

١ ٢١٣

١ ٢١٤

١ ٢١٥

١ ٢١٦

١ ٢١٧

١ ٢١٨

١ ٢١٩

١ ٢٢٠

١ ٢٢١

١ ٢٢٢

١ ٢٢٣

١ ٢٢٤

١ ٢٢٥

١ ٢٢٦

١ ٢٢٧

١ ٢٢٨

١ ٢٢٩

١ ٢٣٠

١ ٢٣١

١ ٢٣٢

١ ٢٣٣

١ ٢٣٤

١ ٢٣٥

١ ٢٣٦

١ ٢٣٧

١ ٢٣٨

١ ٢٣٩

١ ٢٤٠

١ ٢٤١

١ ٢٤٢

١ ٢٤٣

١ ٢٤٤

١ ٢٤٥

١ ٢٤٦

١ ٢٤٧

١ ٢٤٨

١ ٢٤٩

١ ٢٥٠

١ ٢٥١

١ ٢٥٢

١ ٢٥٣

١ ٢٥٤

١ ٢٥٥

١ ٢٥٦

١ ٢٥٧

١ ٢٥٨

١ ٢٥٩

١ ٢٦٠

١

6 الفصل

- 54 (د) 1
 55 (ب) 1
 56 (ج) 1
 57 (ج) 1
 2 (ب)

7 الفصل

- 58 (1)
 59 (ج) 1
 60 (1)

8 الفصل

- 61 (ج) 1
 62 (1)
 63 (1) 1
 3 (ج)
 64 (د) 1
 65 (د) 1
 66 (1) 1

4 الفصل

- 36 (ج)
 37 (1) 1
 38 (د)
 39 (د) 1
 40 (د)
 41 (ج) 1
 42 (ج) 1
 43 (د) 1
 44 (د) 1
 45 (ج) 1

إجابات الوحدة الثانية

5 الفصل

- 46 (ب) 1
 47 (1)
 48 (ب)
 49 (د)
 50 (ب)
 51 (ب)
 52 (1)
 53 (ب)

الضيزياء

2023



• أدخل كودك الخاص
• المودود على ظهر الغلاف
• لمزيد من المعلومات
الطير صفحتي ٤٠٤

الآن بجميع المكتبات

كتب الامتحان في

- الكيمياء • الأحياء
- التاريخ • الجغرافيا
- اللغة العربية
- الجيولوجيا والعلوم البيئية
- علم النفس والاجتماع
- الفلسفة وقضايا العصر

قريباً

كتاب
بنك الأسئلة
والامتحانات التدريبية
للمراجعة النهائية
ويشمل 3000
سؤال جديد

كتب الامتحان
لا يخرج عنها أي امتحان



الآن بالمكتبات : كتاب
الأسئلة والمسائل



الدولية للطبع والنشر والتوزيع
القاهرة - القاهرة



تليفون : ٢٠٩٤٣٣٣ - ٢٠٩٤٣٣٣ - ٢٠٩٤٣٣٣

www.alemte7anbooks.com

Email: info@alemte7anbooks.com

الخط الساخن ١٥٠١٤

f /alemte7anbooks



223007 300322